Лекция №1

ОСНОВЫ ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ

1. Классификация ландшафтов.
2. Культурные ландшафты.
3. Ландшафтное районирование и качественная оценка земель

Вопрос 1

Ландшафт – это генетически однородный природный территориальный комплекс, который имеет одинаковый геологический фундамент, один тип рельефа, одинаковый климат, подобную структуру почвенно-растительного покрова. Ландшафты Республики Беларусь принадлежат к классу равнинных. Это обусловлено тем, что республика расположена в границах Восточно-Европейской платформы с равнинным рельефом. В зависимости от занимаемой площади ландшафты подразделяются на доминантные, субдоминантные и редкие. К доминантным относятся 2 рода ландшафтов – водно-ледниковые и вторично моренные. Они занимают 35 % площади Беларуси и являются наиболее типичными. Субдоминантные природные территориальные комплексы представлены 5 родами ландшафтов и занимают 39,5 % площади. Остальные ландшафты (25,5 %), каждый из которых занимает менее 5 % площади республики, относятся к группе редких.

Природные ресурсы ландшафтов используются человеком с момента появления на территории первых поселений. Наиболее активная трансформация природных ландшафтов начала происходить с развитием земледелия и животноводства. Освоение земель под пашню сопровождалось уничтожением лесов и расширением сети мелких поселений. Это привело к формированию сельскохозяйственно-лесных природно-антропогенных ландшафтов. Такие ландшафты представляют собой территории смешанного типа использования, в рамках которых 30–50 % – земли сельскохозяйственного использования и
20–70 % – лесные угодья. Сельскохозяйственно-лесные ландшафты занимают более 35 % территории страны. Они сосредоточены в центральной, юго-восточной и южной частях.

Ландшафты республики подвергаются значительным техногенным трансформациям в процессе горнодобывающей, водохозяйственной, градостроительной и иных видов деятельности.

Различают пространственную, временную и пространственно- временную организацию ландшафтов.

Пространственная организация комплексов включает сочетание фаций, подурочищ, типов урочищ и местностей, пропорции площадей, закономерности чередования, неравенство и группы комплексов, характер их границ и соседство, связи между комплексами низшего ранга. Пространственная организация может быть горизонтальной и вертикальной.

Горизонтальная организация ландшафтов. Ее начинают изучать с рассмотрения морфологической структуры. Для этого рассматривают комплексы более низкого ранга, чем ландшафт, а именно фации, подурочища, урочища, местность.

Вертикальная организация ландшафтов. Она выражается в ярусном расположении компонентов в соответствии с плотностью слагающего их вещества. Контактное взаимопроникновение и взаимодействие атмосферы, гидросферы и литосферы обеспечило формирование производного компонента – почв. В механизмах вертикальной организации ландшафтов большое значение имеют круговороты веществ и энергии, вертикальные потоки тепла и влаги, движение почвенных растворов, миграция органики и т. д.

Временная организация ландшафтов. Существование пространственных элементов ландшафта распространяется и на время. Изменения в ландшафте происходят с некоторой устойчивой повторяемостью, ритмичностью и цикличностью. Ландшафт как сложное образование формируется за счет связей и процессов. Совокупность устойчиво повторяющихся процессов перемещения, обмена и трансформации вещества и энергии, связей и состояний называют функционированием.

При расчленении всех временных изменений, происходящих в ландшафте и с ландшафтом, выделяют три временные группы:

– *краткопериодичные* (функционирование);

– *среднепериодичные* (динамика);

– *длиннопериодичные* (эволюция).

Разномасштабные процессы и явления (функционирование, динамика, эволюция) объединяются общим понятием «изменение».

Функционирование ландшафта – это интегральный природный процесс, который складывается из множества элементарных процессов механической, физической, химической, биологической природы.

Во временную организацию механизма функционирования ландшафта включены пять составляющих: влагооборот, трансформация солнечной энергии, перенос твердых масс, движение воздушных масс, био- и геохимический цикл.

Всем ландшафтам свойствен непрерывный процесс направленных изменений. Они незаметны на глаз. Человек фиксирует только цикличные смены различных состояний ландшафта. В конце же любого цикла или изменения структуры после нехарактерного воздействия ландшафт возвращается в исходное состояние с некоторым необратимым сдвигом и остатком.

В ландшафтоведении разработаны две классификационные модели:

– *иерархическая классификация,* от фации до ландшафтной оболочки Земли, где логическим основанием является соотношение части и целого;

– *типологическая классификация*, где любая природная геосистема – индивид, а логической основой здесь уже является соотношение особенного, индивидуального и общего, типического.

Иерархическая классификация состоит из глобальной, региональной, локальной.

На глобальном уровне всю планету Земля представляют как уникальную геосистему – эпигеосферу. На региональном уровне сушу подразделяют на ландшафтные зоны, страны, области, провинции, округа и собственно ландшафты, а на локальном уровне – на местности, урочища, подурочища и фации.

Типологическая классификация рассматривает разные таксономические геосистемы: фации, подурочища, урочища, местности, ландшафты.

Принципы классификации ландшафтов основываются на группировке индивидуальных ландшафтов в классы, типы, роды и виды по признакам, отражающим их сущность. Исходными факторами при классификации ландшафтов являются: тепло- и влагообеспеченность, влагооборот, биологический круговорот веществ, почвообразование, продуцирование биомассы. К критериям классификации относятся существенные инвариантные свойства ландшафтов, их генезис, структура, динамика.

В качестве высшей классификационной категории ландшафтов Земли считают отдел ландшафтов. Выделяют три отдела ландшафтов:

– наземные (субаэральные);

– земноводные (речные, озерные, шельфовые);

– водные (моря и океаны).

Наземные ландшафты группируют следующим образом:

– *по разрядам* в зависимости от теплообеспеченности географических поясов;

– *семейству ландшафтов*, отражающему группировку ландшафтов в дифференцированных физико-географических странах.

Классы характеризуют равнинные и горные ландшафты и выделяются в пределах разрядов, семейств.

Тип ландшафта отражает зональность природной геосистемы и близок к зональному типу почв, так как почва – «зеркало» ландшафта, продукт его функционирования. Помимо почвенных характеристик тип ландшафта учитывает и геоботаническую специфику.

Род ландшафтов характеризует морфологию и генезис рельефа ландшафтов; литологические свойства поверхностных пород выражены в *подроде* ландшафтов.

Вид ландшафтов – совокупность ландшафтов со сходным составом в морфологической структуре урочищ. У таких ландшафтов общий генезис, эволюция, функционирование.

Вопрос 2

В связи с интенсивным развитием сельского хозяйства особое место занимает аграрный ландшафт. Аграрный ландшафт (агроландшафт) – это территориальная система, состоящая из взаимодействующих природно-антропогенных компонентов, обеспечивающих получение сельскохозяйственной продукции.

Агрогеосистема – это технноприродная ресурсовоспроизводящая и средообразующая гео(эко)система.

Она служит объектом сельскохозяйственной деятельности и одновременно средой обитания культурных растений, домашних животных и человека. В ней человек эксплуатирует уникальный природный процесс, свойственный зеленым растениям, – фотосинтез, создающий живое вещество из неорганических веществ, энергетической основой которого является солнечное излучение.

Аграрный ландшафт (агроландшафт) – это территориальная система, состоящая из взаимодействующих природно-антропогенных компонентов, обеспечивающих получение сельскохозяйственной продукции.

Обычно агроландшафт формируют на основе природного ландшафта с учетом рельефа местности и почвенно-климатических особенностей.

По функциональному назначению агроландшафты бывают полевые, лугопастбищные, лесоаграрные, садовые и др. По степени антропогенного воздействия они могут быть неосвоенными целинными, освоенными распаханными, залежными, окультуренными, мелиорированными, акультурными и деградированными.

Морфологической частью агроландшафта является агроурочище, выделенное на основе мезоформы рельефа (ложбина, лощина, блюдцеобразное понижение, участок склона и т. п.). В пределах агроурочища находятся агрофации (комплексы самого низкого таксонометрического ранга), выделяемые на основе уровней грунтовых вод, почвенной разности и степени деградированности, мелиоративной обстановки, биоценоза и т. п. К агрофациям относят полезащитные лесные полосы, полевые дороги, противоэрозионные гидротехнические сооружения (террасы, валы с широким основанием на пашне) и различные инженерно-биологические сооружения.

Агроландшафты испытывают негативное воздействие природных явлений в виде суховеев, засух, заморозков и морозов, ветровой и водной эрозии и пр.

Чем больше природный ландшафт преобразован человеком, тем сильнее негативные явления нарушают структуру агроландшафта и тем больше требуется вложения дополнительной энергии (к энергии Солнца) для сохранения его устойчивости и продуктивности.

Существенный вред продуктивности и устойчивости агроландшафтов наносится там, где их функциональное назначение научно не обосновано, отсутствует адаптивное хозяйствование и нарушены пределы вмешательства в природу. Предел воздействия должен обеспечивать саморегуляцию и природосберегающее антропогенное управление.

Если не соблюдать эти принципы, то в процессе эксплуатации культурные агроландшафты переходят в акультурные, а затем – в деградированные. Между культурным и деградированным состоянием ландшафты проходят несколько стадий.

Стадия экологической нормы соответствует слабому уровню деградации ландшафта, когда нарушения его структуры не проявлены, поддерживается почвенное плодородие, не зафиксированы процессы опустынивания, сохраняется биоразнообразие.

Стадия экологического риска наступает тогда, когда проявляются признаки деградации на площади до 20 %, вызывая на ней падение биологической продуктивности ландшафта. Очаговая деградация при этом не угрожает общей устойчивости ландшафта.

Стадия экологического кризиса фиксируется при признаках деградации, проявляющихся на площади 20–50 %. Это вызывает падение биологической продуктивности и устойчивости ландшафта и ухудшение его средозащитных функций.

Стадия экологического бедствия соответствует деградационным процессам, охватывающим 50–100 % площади ландшафта, который уже не выполняет своих средозащитных и продуцирующих функций.

В природных геосистемах только около 10 % первичной биологической продукции, создаваемой зелеными растениями, утилизируются в трофических (питательных) цепях травоядными и всеядными животными, а остальная растительная масса после отмирания идет на расширенное воспроизводство плодородия почвы. В пахотных агрогеосистемах отчуждение с убранным урожаем подавляющей части биомассы приводит к резкому дисбалансу биогеохимического круговорота.

Создавая культурные ландшафты, человек повышает их полезность и продуктивность.

Для этого следует всесторонне оценивать экономическую стоимость ландшафтов или их частей в естественном состоянии, в процессе существующего использования и после превращения их в культурные.

Например, общая экономическая стоимость болота состоит из стоимости его использования человеком, извлекаемой без осушения (добыча мха, клюквы) и после осушения (добыча торфа, выращивание сельскохозяйственных культур).

Экономическая стоимость болота после осушения включает:

– неизвлекаемую стоимость (охота);

– косвенную стоимость использования (изучение флоры и фауны, миграции птиц и т. п.);

– стоимость отложенной альтернативы – сохранение торфа для будущего использования по мере развития новых технологий в химической и медицинской промышленности;

– стоимость существования и наследования – затраты на сохранение болота для будущих поколений при осушении прилегающих земель, при дорожном строительстве, борьбе с пожарами;

– стоимость экологических функций – значимость болота для регулирования стока рек как биогеохимического барьера на пути миграции загрязняющих веществ;

– информационную стоимость – возможность познания геологической истории местности, использование генофонда проживающих организмов для селекционной работы.

Такая оценка изменяет отношение человека к природным объектам как к бесплатным, даровым источникам ресурсов и услуг.

Она позволяет определить их значимость как уникальных объектов, осознанно подходить к их изменению в процессе природообустройства и использования, показывает взаимозависимость частных ценностей.

Повышая одну из ценностей (полезностей) можно уменьшить другую, что в сумме, возможно, приведет к отрицательному эффекту.

Поэтому важно, какой ценой оплачено увеличение одной из полезностей, а точнее, каким объемом материальных или энергетических ресурсов, извлекаемых, в том числе и из других ландшафтов.

Например, идея межбассейновых переброс речного стока была бы принята обществом, если бы изначально смогли *доказать* «межландшафтную» полезность перераспределения водных ресурсов и отсутствие экологических последствий. Поэтому мероприятия по окультуриванию ландшафтов должны основываться на оптимизации *не частных полезностей*, что обычно и делают, а на доказательстве повышения *общей полезности* с учетом межландшафтных связей.

Для успешного функционирования культурного ландшафта необходимо:

– чтобы он не был однообразным, это объясняется его изначально сложным морфологическим строением, которое затрудняет использование земель;

– не имел антропогенных пустошей, заброшенных карьеров, отвалов, свалок, служащих источниками загрязнения, все они должны быть рекультивированы;

– имел охраняемые территории, на которых в разной степени консервируют элементы ландшафта (*заповедники* как самые строго охраняемые земли, где разрешены только научные исследования без всякой хозяйственной деятельности и без массового посещения людьми, *природные резерваты, заказники* разного назначения (в том числе и охотничьи));

– были выявлены и сохранены отдельные редкие или интересные природные объекты: водопады, формы рельефа, геологические обнажения, уцелевшие остатки коренных растительных сообществ и т. д.;

– хорошо сочетались природоохранные, рекреационные, культурно-воспитательные и экономические функции ландшафта в национальных и природных парках;

– создание культурного ландшафта завершалось его внешним благоустройством; это достигается уже при рекультивации земель, при рациональном размещении угодий, при создании природоохранных зон, помимо этого очень важным является удачное вписывание в ландшафт различных сооружений (ландшафтной архитектуры).

В культурном ландшафте следует обеспечивать максимальную производительность возобновляемых природных ресурсов, и прежде всего биологических. Необходимо ориентироваться на использование возобновляемых «чистых» энергетических ресурсов, не загрязняющих природную среду.

В создании культурного ландшафта главное значение отводят научной организации его территории. В проекте организации территории предусматривают оптимальное число угодий различного назначения, рациональное соотношение их площадей, взаимное расположение, форму и размеры, режим использования и мелиорации.

Эти решения определяются, с одной стороны, социальным заказом, а с другой – строением самого ландшафта и тем наследием, которое оставила предшествующая хозяйственная деятельность. Причем следует иметь в виду, что интересы экономики и охраны природы не всегда совпадают и нужно искать компромисс, отдавая предпочтение сохранению природы.

Вопрос 3

любом государстве определяется состоянием (качеством) земельного фонда.

Отличительной характеристикой Беларуси является наличие на ее территории водораздела между бассейнами двух морей – Балтийского и Черного.

К Черноморскому бассейну относится река Днепр, протекающая по восточной части Беларуси, и ее многочисленные притоки, крупнейшим из которых является Припять. Ее водосбор занимает весь юг республики, формируя уникальный регион – Полесскую низменность. Эта зона занимает около 6 млн. га, охватывая до 30 % территории Республики Беларусь.

К бассейну Балтийского моря относятся такие крупные реки, как Неман и Западная Двина с их многочисленными притоками. Характерными особенностями их водосборов, которые по площади занимают около половины Беларуси, являются развитый мезорельеф и большая пестрота почвенного покрова, наличие крутых склонов, переувлажненность низин, мелкоконтурность пахотных угодий, закустаренность, завалуненность.

Почвы республики образовались под влиянием подзолистого, дернового и болотного процессов. Основной тип почв в республике – дерново-подзолистые. Эти почвы занимают около 70 % всей территории. Разные по гранулометрическому составу, они неодинаковы и по плодородию. Сельскохозяйственные угодья характеризуются большим разнообразием, обусловленным их гранулометрическим составом, степенью увлажнения, проявлением эрозионных процессов.

Характеристика почв Беларуси. Территория Беларуси характеризуется высокой степенью освоенности земель. Сельскохозяйственные земли составляют 44,9 % общей площади республики, а пахотные – 66,6 % площади сельскохозяйственных земель.

Наиважнейшим показателем качественного состояния земель является почвенный покров, который на территории республики чрезвычайно разнообразен. Это связано с многообразием почвообразующих пород. Преобладающими почвообразующими породами являются отложения антропогенной системы. Наиболее распространенными на территории республики являются озерно-ледниковые, моренные и водно-ледниковые отложения. Озерно-ледниковые и моренные отложения встречаются главным образом на севере республики и представлены поозерной мореной, сложенной валунными супесями, суглинками и глинами с прослойками и линзами песчаного материала. Мореные отложения Сожского ледника встречаются отдельными участками в центральной и в южной частях территории и представлены валунными суглинками и супесями.

Значительную территорию восточной и центральной частей занимают лессовые и лесоподобные отложения, которые являются в этих частях основными почвообразовательными породами. Органогенные отложения есть повсеместно, но основная часть их сконцентрирована в южных районах, в границах Полесской низменности.

Современные аллювиальные отложения характерны для пойм крупных рек юга и юго-запада республики.

На фоне общей неоднородности почвообразовательных пород в составе сельскохозяйственных земель преобладают дерново-подзолис-тые автоморфные и заболоченные почвы (72,1 %). Меньший удельный вес занимают дерново-карбонатные (0,1 %).

Автоморфные дерново-подзолистые почвы занимают 34,5 % площади сельскохозяйственных земель. В формировании этого типа главная роль принадлежит процессам подзолообразования и гумусонакопления в условиях промывного водного режима, своеобразие которого в границах республики заключается в проникновении влаги в грунтовые воды. В большей степени промывной водный режим характерен для северных и северо-восточных районов республики.

Дерново-подзолистые заболоченные почвы формируются в условиях длительного периодического переувлажнения поверхностными или грунтовыми водами. Это приводит к формированию в их генетическом профиле глеевых прослоек или сплошных глеевых горизонтов. Они наиболее распространены в Витебской области и формируются на связных породах в условиях замедленного поверхностного стока.

В южной части республики они также занимают значительные площади и приурочены к большим песчаным низинам с близким залеганием грунтовых вод. В центральной части Беларуси эти почвы развиваются в подошвах покатых склонов и на плоских равнинах с плохими условиями сельскохозяйственного дренирования.

В естественном состоянии дерново-подзолистые заболоченные земли преимущественно покрыты лесами и малопродуктивными лугами.

Дерновые заболоченные почвы формируются в понижениях с неглубоким залеганием грунтовых вод. В северной части республики эти почвы приурочены к подошвам склонов и встречаются небольшими участками. Наличие в почвенном растворе большого количества кальция препятствует процессу подзолообразования и способствует развитию дернового процесса с образованием сравнительного мощного гумусового горизонта. В условиях переувлажнения в профиле этих почв формируются глеевые линзы или отдельные горизонты. В зависимости от степени проявления дернового и болотного процессов почвообразования среди них выделяют: дерново-глеевые, дерново-глееватые и перегнойно-глеевые почвы. Наиболее распространены дерново-глееватые.

Территория республики отличается значительным распространением торфяно-болотных почв.

В особых условиях формируются пойменные почвы. Они образуются в результате периодического затопления пойм во время весеннего половодья, а также в период дождевых паводков летом и осенью. На территории Беларуси среди пойменных почв встречаются главным образом дерновые заболоченные и торфяно-болотные почвы. Основные площади пойменных почв приурочены к поймам Днепра, Сожа, Припяти, Березины, Немана и др.

Современное состояние почв и почвенного покрова определяется степенью антропогенной нагрузки на них. Необходимо отметить, что в результате систематического внесения минеральных и органических удобрений, проведения известкования за последние 30–35 лет количество гумуса в пахотных землях увеличилось на 2,27 %, уровень кислотности понизился до 5,98 pH, количество подвижного фосфора и обменного калия составляет соответственно 188 и 175 мг/кг почвы. Это означает, что распределение пахотных земель республики по группам кислотности и количеству питательных веществ в настоящее время не связано с генетическими особенностями, а является результатом затраченных усилий по повышению почвенного плодородия.

Территория Республики Беларусь по ландшафтному районированию разбита на 5 провинций, 55 ландшафтных и 110 административных районов.

I – Поозерная провинция озерно-ледниковых, моренно-озерных и холмисто-моренно-озерных ландшафтов с еловыми, сосновыми лесами на дерново-подзолистых, часто заболоченных почвах, коренными мелколиственными лесами на болотах.

Ландшафтные районы 1–14: Свенцянско-Нарочанский, Поставско- Глубокский, Дисненский, Полоцкий, Браславский, Освейско-Езери- щенский, Городокский, Суражский, Витебский, Лучосский, Среднедвинский, Ушачский, Лукомско-Сенненский, Котринский.

II – Белорусская возвышенная провинция холмисто-моренно-эрозионных и вторичноморенных ландшафтов с широколиственно-еловыми и сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах.

Ландшафтные районы 15–27: Гродненский, Волковысский, Ново- грудский, Среднеманский, Верхненеманский, Лидский, Ошмянский, Вилейский, Верхнеберезинский, Березинско-Бобрский, Минский, Столбцовский, Копыльский.

III – Предполесская провинция вторичных водно-ледниковых и моренно-зандровых ландшафтов с сосновыми и широколиственно-хвойными лесами на дерново-подзолистых почвах.

Ландшафтные районы 28–36: Верхнеясельдинский, Барановичско- Клецкий, Среднептичский, Борисовский, Бобруйско-Рогачевский, Среднеберезинский, Верхнептичский, Беседско-Сожский, Беседский.

IV – Восточно-Белорусская провинция вторичноморенных и лессовых ландшафтов с широколиственно-еловыми и еловыми лесами на дерново-подзолистых и дерново-палево-подзолистых почвах.

Ландшафтные районы 37–41: Климовичский, Горецко-Мстислав-ский, Шкловский, Проня-Днепровский, Оршанский.

V – Полесская провинция аллювиальных террасированных, болотных и вторичных водно-ледниковых ландшафтов с сосновыми, широколиственно-сосновыми и дубовыми лесами на дерново-подзолистых, часто заболоченных почвах и болотах.

Ландшафтные районы 42–55: Высоковский, Пина-Мухавецкий, Прибугский, Загородский, Ясельдинско-Щарский, Пина-Припятский, Среднеприпятский, Оресский, Лельчицкий, Иппа-Тремлянский, Нижнеприпятский, Приднепровский, Тереховский.

Для правильного планирования природопользования необходимы достоверные сведения о качестве земель.

Учет количества и качества земель осуществляется в рамках ведения государственного земельного кадастра и проводится путем их инвентаризации, паспортизации и составления мелиоративного кадастра.

Инвентаризация и обследование мелиоративных систем – это единовременный учет каналов и сооружений, т. е. самого механизма системы, с указанием их стоимости. Она предполагает учет мелиоративного имущества для обеспечения его сохранности и проводится один раз в пять лет специально созданной комиссией.

Паспортизация – это единовременное мероприятие по составлению документов (паспортов), которые содержат сведения, характеризующие в статическом виде каналы и сооружения, системы по их типу, составу, конструкции, материалам, размерам, назначению и состоянию.

Кадастр (от лат. *capitastum)* – это реестр, список, документ, составленный официальным органом или учреждением. Мелиоративный кадастр включает в себя не только инвентаризацию и паспортизацию, но и территориальное размещение мелиорированных земель, каналов и сооружений, дается качественная оценка мелиорируемого земельного фонда и степени использования водных ресурсов, оценка в единых ценах всех мелиоративных систем и сооружений, определяется динамика мелиоративных фондов и эффективность использования мелиорируемых земель и капиталовложений.

Исходными данными для качественной оценки мелиоративного фонда служат почвенные карты хозяйств, картограммы кислотности почв и содержание в них питательных веществ, результаты почвенно- мелиоративных и культуртехнических изысканий, материалы паспортизации полей и т. д.

Качественная оценка земель на практике проводится по 100-балль-ной шкале. Чем выше балл, тем лучше земля для сельскохозяйственного использования. В Республике Беларусь балл почвы ($Б_п$) определяется по шкале, разработанной Белорусским НИИ почвоведения и агрохимии, которая в разрезе почвенных разностей приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1. **Шкала оценочных баллов почв в Республике Беларусь [2]**

Почвы	Оценочные баллы	
	Пашня	Луговые угодья
1	2	3
Дерново-подзолистые глееватые		
Средне- и легкосуглинистые	46	27
Супесчаные	37–48	21–24
Песчаные	20–36	16–20

Окончание табл. 1.1

1	2	3
Дерново-подзолистые глеевые		
Глинистые и тяжелосуглинистые	24	22
Средне- и легкосуглинистые	32	21
Низинные торфяно-болотные		
Торфяно-болотные: среднемощные (1–2 м)	–	26
маломощные (50–100 см)	–	26
Пойменные болотные		
Торфяно-болотные: с намытым верхом	–	29
мощные (более 2 м)	–	29
среднемощные (1–2 м)	–	29
маломощные (50–100 см)	–	29
Торфяно-глеевые (30–50 см)	–	33

Торфяно-глеевые, подстилаемые суглинками	–	36
Торфяно-глеевые, подстилаемые песками	–	30

В хозяйствах, где свойства земель отличаются от оптимальных, вводятся поправочные коэффициенты на эродированность, завалунен- ность, размер участков, закустаренность окультуренность и климатические условия (табл. 1.2–1.7) по формуле

$$Б_м = Б_п \cdot К_э \cdot К_з \cdot К_р \cdot К_о \cdot К_у \cdot К_к, \qquad (1.1)$$

где $К_э$ – поправочный коэффициент на эродированность почв (табл. 1.2);
$К_з$ – поправочный коэффициент на завалуненность (табл. 1.3);
$К_р$ – поправочный коэффициент на размер участков (табл. 1.4);
$К_о$ – поправочный коэффициент на окультуренность почв (табл. 1.5);
$К_у$ – поправочный коэффициент на климатические условия (табл. 1.6);
$К_к$ – поправочный коэффициент на закустаренность (табл. 1.7).

Таблица 1.2. **Поправочные коэффициенты к оценочным баллам почв на эродированность [2]**

Степень эродированности	Поправочный коэффициент
Отсутствует	1,0
Слабая	0,85
Средняя	0,66
Сильная	0,49
С намытым верхом более 20 см	0,97

Таблица 1.3. **Поправочные коэффициенты к оценочным баллам почв на завалуненность [2]**

Степень завалуненности	$м^3$/га	%	Поправочный коэффициент
Отсутствует	До 5	До 5	1,0
Слабая	5–15	5–20	0,98
Средняя	15–25	20–40	0,94
Сильная	25–40	40–70	0,88
Очень сильная	Более 40	Более 70	0,81

Таблица 1.4. **Поправочные коэффициенты к оценочным баллам почв на размеры участков (контуров) [2]**

Площадь участка (контура), га	Поправочный коэффициент
Более 15	1,00
15–13	0,98
13–11	0,96
11–9	0,94
9–7	0,91
7–5	0,88
5–3	0,85
3–2	0,81
До 2	0,76

Таблица 1.5. **Поправочные коэффициенты на окультуренность дерново-подзолистые почв [2]**

Окультуренность почвы	Наименование почвы	Содержание гумуса, %	Кислотность почвы pH	P_2O_5	K_2O	Коэффициент окультуренности
				мг на 100 грамм почвы		
1	2	3	4	5	6	7
Высокая	суглинистые	2,51–3,0	6,4–6,7	26–30	22–25	0,95–1,0
	супесчаные	2,01–2,5	6,0–6,2	21–25	20–24	0,94–1,0

	песчаные	1,81–2,0	5,6–5,8	18–20	18–20	0,96–1,0
	торфяно-болотные	–	5,0–5,3	60–100	80–120	0,89–1,0
Средняя	суглинистые	2,01–2,5	6,0–6,4	18–26	15–22	0,81–0,95
	супесчаные	1,51–2,0	5,5–6,0	15–21	14–20	0,79–0,94
	песчаные	1,31–1,8	5,3–5,6	12–16	12–18	0,80–0,96
	торфяно-болотные	–	4,8–5,0	40–60	60–80	0,77–0,89

Окончание табл. 1.5

1	2	3	4	5	6	7
Низкая	суглинистые	1,51–2,0	5,5–6,0	12–18	10–15	0,68–0,81
	супесчаные	1,21–1,5	5,0–5,5	10–15	8–14	0,65–0,79
	песчаные	1,01–1,3	5,0–5,3	8–12	6–12	0,65–0,8
	торфяно-болотные	–	–	30–43	40–60	0,65–0,77

Таблица 1.6. **Поправочные коэффициенты к оценочным баллам сельскохозяйственных угодий на климатические условия[2]**

Область	Район
1	2
Южная зона (22 района) – поправочный коэффициент 1,0	
Брестская	Березовский, Брестский, Дрогичинский, Жабинсковский, Ивановский, Каменецкий, Кобринский, Малоритский, Пинский, Пружанский, Столинский
Гомельская	Брагинский, Гомельский, Добрушский, Ельский, Калинковичский, Лельчицкий, Лоевский, Мозырский, Наровлянский, Речицкий, Хойникский
Центральная юго-западная зона (31 район) – поправочный коэффициент 0,97	
Брестская	Ивацевичский, Лунинецкий
Гомельская	Буда-Кошелевский, Ветковский, Житковичский, Жлобинский, Кормянский, Октябрьский, Рогачевский, Светлогорский, Чечерский
Гродненская	Берестовицкий, Волковысский, Гродненский, Зельвенский, Мостовский, Свислочский, Слонимский, Щучинский
Минская	Копыльский, Любанский, Слуцкий, Солигорский, Стародорожский
Могилевская	Бобруйский, Быховский, Глусский, Кировский, Кличевский, Осиповичский

Центральная северо-восточная зона (21 район) – поправочный коэффициент 0,92	
Брестская	Барановичский, Ганцевичский, Ляховичский
Гродненская	Дятловский, Лидский
Минская	Березинский, Клецкий, Несвижский, Пуховичский, Столбцовский, Узденский, Червенский
Могилевская	Белыничский, Климовичский, Костюковичский, Краснопольский, Могилевский, Славгородский, Хотимский, Чаусский, Чериковский
Северная зона 1 (30 районов) – поправочный коэффициент 0,89	
Витебская	Бешенковичский, Докшицкий, Дубровенский, Лепельский, Оршанский, Сенненский, Толочинский, Чашникский
Гродненская	Вороновский, Ивьевский, Кореличский, Новогрудский, Ошмянский, Сморгонский

Окончание табл. 1.6

1	2
Минская	Борисовский, Вилейский, Воложинский, Держинский, Крупский, Логойский, Минский, Молодечненский, Мядельский, Смолевичский
Могилевская	Горецкий, Дрибинский, Кричевский, Круглянский, Мстиславский, Шкловский
Северная зона 2 (14 районов) – поправочный коэффициент 0,86	
Витебская	Браславский, Верхнедвинский, Витебский, Глубокский, Городокский, Лиозненский, Миорский, Полоцкий, Поставский, Россонский, Ушачский, Шарковщинский, Шумилинский
Гродненская	Островецкий

Таблица 1.7. **Поправочные коэффициенты к оценочным баллам почв на закустаренность естественных кормовых угодий [2]**

Закустаренность, %	Поправочный коэффициент	Закустаренность, %	Поправочный коэффициент
До 5	1,00	20–30	0,80
5–10	0,95	30–50	0,68
10–20	0,89	Более 50	0,51

При оценке работ по улучшению и восстановлению земель необходимо учитывать то обстоятельство, что после проведения этих работ увеличивается средний размер обрабатываемых участков, улучшается их конфигурация, удаляются камни и другие препятствия. В период окультуривания рекультивируемых земель внесение известковых материалов, органических и минеральных удобрений способствует накоплению в почве питательных веществ. Поэтому при балльной оценке земель на расчетный год в проектах необходимо учитывать изменение контурности сельскохозяйственных земель, степени культуртехнической неустроенности территории, кислотности, увеличение в почве фосфора и калия.

Лекция №2

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В СИСТЕМЕ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

1.Техногенно измененные геосистемы.

2.Природно-техногенные комплексы природообустройства.

Вопрос 1

В конце прошлого века учеными Московского государственного университета природообустройства было предложено объединить многогранную деятельность по преобразованию человеком окружающей среды одним широким понятием «природообустройство».

В природообустройство входят следующие виды: *мелиорация земель* разного назначения; *рекультивация земель,* т. е. восстановление свойств компонентов природы или даже самих компонентов после их использования; *природоохранное обустройство территорий.*

Такой подход позволил сформулировать общие требования к согласованию природопользования с природообустройством, которые позволяют обеспечить сохранение и воспроизводство природных ресурсов, гармоничное развитие человеческого общества и окружающей среды.

Новые элементы, внедряемые человеком в ландшафт (пашни, сооружения, техногенные выбросы), не вытекают из структуры ландшафта, не обусловлены им и по этой причине оказываются *чужеродными элементами,* не свойственными конкретному ландшафту.

Поэтому ландшафт стремится отторгнуть их или «переварить», модифицировать.

Вследствие этого, *во-первых,* необходимы постоянные затраты человеком труда и ресурсов на поддержание таких элементов, необходимы уход, ремонт, реконструкция. *Во-вторых,* для повышения устойчивости внедряемых элементов человек должен максимально уменьшать их «чужеродность» для природного ландшафта.

Устойчивость техноприродных систем вступает в противоречие с устойчивостью природной системы.

Если природная система старается возвратиться в «первобытное» состояние, то человек заинтересован в устойчивости техноприродной системы.

Критерии устойчивости в обоих случаях противоположны.

Если зарастание пашни служит критерием устойчивости геосистемы как природного образования, то этот же процесс рассматривают как свидетельство неустойчивости уже техноприродной системы, в данном случае агрогеосистемы, назначение которой – поддерживать заданные свойства пашни для получения требуемого урожая определенных культур.

Без поддержки человека осушительная система приходит в негодность (заиляются каналы, зарастают корнями дрены и т. п.), разрушаются плотины и гидротехнические сооружения.

Следовательно, природная геосистема восстанавливает свой естественный водный режим, который был до осушения, и это есть критерий ее устойчивости.

С точки зрения техноприродной системы эта же ситуация является признаком ее неустойчивости.

Измененные человеком геосистемы, как правило, менее устойчивы, чем первичные природные. Это объясняется тем, что естественный механизм саморегулирования в них нарушен.

Ландшафты по степени их изменения подразделяют:

– на *условно неизмененные,* которые не подверглись непосредственному хозяйственному использованию и воздействию, в них можно обнаружить лишь слабые следы косвенного воздействия. Например, осаждение техногенных выбросов из атмосферы в нетронутой тайге, в высокогорьях, в Арктике, Антарктике;

– *слабоизмененные,* подвергающиеся преимущественно экстенсивному хозяйственному воздействию (охота, рыбная ловля, выборочная рубка леса), которое частично затронуло отдельные «вторичные» компоненты ландшафта (растительный покров, фауну), но основные природные связи не нарушены и изменения обратимы. Например, тундровые, таежные, пустынные, экваториальные ландшафты;

– *среднеизмененные*, в которых необратимая трансформация затронула некоторые компоненты, особенно растительный и почвенный покров. Например, сводка леса, широкомасштабная распашка, в результате которых изменяется структура водного и частично теплового баланса, биогеохимический круговорот веществ;

– *сильноизмененные*, которые подверглись интенсивному воздействию, затронувшему почти все компоненты (растительность, почвы, воды и даже массы твердой земной коры), что привело к существенному нарушению структуры, часто необратимому и неблагоприятному с точки зрения интересов общества и природы. Например, южно-таежные, лесостепные, степные, сухостепные ландшафты. В них наблюдаются исчезновение лесов, эрозия, засоление, подтопление, загрязнение атмосферы, вод и почв;

– *окультуренные*, которые рационально изменены и оптимизированы на научной основе с учетом интересов человека и природы.

Именно таким ландшафтам должно принадлежать будущее.

Вопрос 2

Рекультивация как разновидность природообустройства сложное дорогостоящее ресурсоэнергоемкое мероприятие, проводимое длительное время. Для ее осуществления необходимо создание комплекса инженерных сооружений и устройств, надежно функционирующих в разнообразных природных условиях, часто экстремальных, при переменных погодных условиях.

Инженерные системы природообустройства вместе с природными объектами, на которых они построены и которые они призваны модифицировать в нужном человеку направлении, образуют техноприродные системы. Эти системы принято называть природно-техногенными комплексами.

Природно-техногенный комплекс (ПТК) состоит из двух основных частей: природной и техногенной, он включает средства управления и управляемую подсистему.

Для организации управления ПТК необходим ряд элементов (рис. 2.1):

– *рецептор* – часть комплекса, которая воспринимает и передает информацию об управляемом объекте (измерители влажности почвы, температуры воздуха, уровня воды в реке и др.);

– *эффектор* – часть комплекса, с помощью которой оказывают воздействие на управляемый параметр (насосы, каналы, трубопроводы, дождевальная техника, дрены, шлюзы и т. д.);

– *блок принятия решений*, который, соотнося поступающую от рецептора информацию с необходимым результатом, вырабатывает решения, позволяющие оптимальным способом достичь определенной социально-экономической цели.

Блоком принятия решений управляет лицо, принимающее решения (низшее руководство).

Природно-техногенные комплексы природообустройства сложны в правовом отношении.

Например, в соответствии с Водным кодексом реки Республики Беларусь являются общенародным достоянием. Они находятся в государственной собственности, а насосная станция на ее берегу и подключенная к ней мелиоративная система могут принадлежать частным лицам.

Закон Республики Беларусь «О мелиорации земель» предполагает наличие государственных мелиоративных систем и отдельных гидротехнических сооружений, систем коллективного или индивидуального пользования.

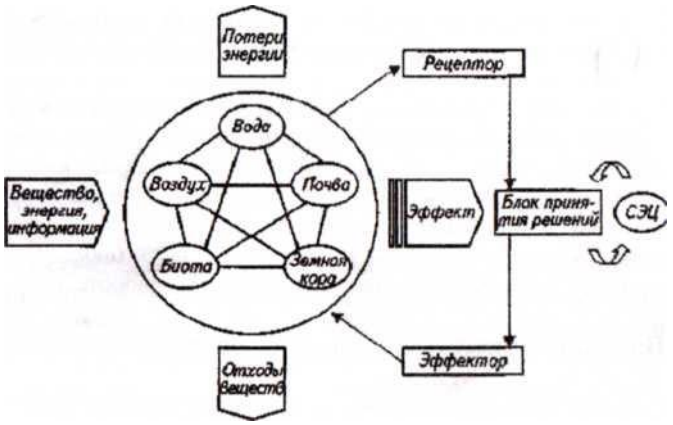

Рисунок – Схема управления природно-техногенным комплексом природообустройства [3]

В соответствии с Земельным кодексом Республики Беларусь земли для размещения мелиоративной системы также могут быть в собственности ее владельцев.

В связи с этим возникают противоречия между здравым смыслом и юридическими нормами.

По смыслу водоприемник, мелиоративная сеть, линии энергоснабжения, дорожная сеть, мелиорируемые земли – единый природно-техногенный комплекс, а в правовом отношении это может быть собственность разных субъектов. Надо отдавать себе отчет в том, что юридические нормы, в отличие от объективных законов природы, являются *субъективными*, предметом соглашения между людьми, и в любой момент времени могут быть изменены.

Лекция №3
ВИДЫ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

1.Виды природно-техногенных комплексов и
Инженерных систем природообустройства.
2.Этапы создания и функционирования
природно-техногенных комплексов.

Вопрос 1

К природно-техногенным комплексам природообустройства относятся:

– мелиорируемые земли разного назначения (сельскохозяйственные, лесного фонда, поселений);

– рекультивируемые земли;

– обустроенные человеком водные объекты (отрегулированные реки, гидроузлы на них);

– обводненные, канализованные земли и поселения;

– земли, защищенные от природных стихий (эрозии, паводков, подтопления, селей, оползней);

– земли с воссозданной экологической инфраструктурой (с защитными лесополосами, лесонасаждениями);

– природоохранные зоны.

При природообустройстве возникает необходимость в течение сравнительно продолжительного времени и на большой территории оказывать управляющие и изменяющие воздействия на компоненты природы для увеличения их полезности.

Это приводит к необходимости создания разнообразных инженерных систем природообустройства.

Инженерная мелиоративная система (ИМС) – комплекс сооружений и мероприятий для создания оптимального мелиоративного режима на землях различного назначения.

Системы водоснабжения и водоотведения – комплекс сооружений и мероприятий, обеспечивающих потребности в воде требуемого количества и качества, а также удаляющих использованные воды.

Инженерно-экологическая система (ИЭС) – комплекс сооружений и мероприятий по восстановлению естественной самоочищающей способности компонентов геосистем, снижению до допустимых норм поступления в них загрязняющих веществ, локализации и удалению этих веществ, обеспечению экологически безопасного существования биоценозов и человека. К ним относятся системы очистки земель от загрязнения нефтепродуктами, тяжелыми металлами и другими веществами.

Инженерная противостихийная система (ИПСС) – комплекс сооружений и мероприятий для защиты территории от неблагоприятных природных воздействий: наводнений, подтопления, суховеев, размыва берегов, оползней, водной эрозии, дефляции, заморозков.

Инженерная система рекультивации земель (ИСРЗ) – временно действующий комплекс сооружений и мероприятий, который применяют для создания оптимального рекультивационного режима на землях различного назначения.

Особенность систем в том, что создают их на сравнительно короткий срок (10–20 лет), т. е. на период рекультивационных мероприятий, после которого проект завершается, земли переводят в другой фонд и передают землепользователям.

Система хранения отходов (СХО) – комплекс сооружений и мероприятий, обеспечивающих длительное экологически безопасное хранение отходов потребления и производства. К данным системам относятся полигоны твердых бытовых отходов (ТБО), устройство которых позволяет компактно, экологически и пожаробезопасно хранить ТБО, контролируя процесс их разложения и управляя им.

По характеру расположения на местности ПТК подразделяются:

– на *площадные* (мелиоративные системы, пруды, водохранилища);

– *линейные* (каналы, трубопроводы, дороги, дамбы);

– *локальные* (шлюзы-регуляторы, насосные станции, буровые скважины);

– *внутрихозяйственные, межхозяйственные* и др.

Вопрос 2

При создании ПТК природообустройства необходимо последовательно решить ряд задач, которые удобно рассматривать по стадиям жизни и существования проекта. Его делят на ряд последовательных этапов – от обсуждения идей до имитационного моделирования будущей системы, разработки и внедрения конкретных инженерных решений, эксплуатации и мониторинга инженерной системы.

«Время жизни» проекта определяется физическим износом основных сооружений и устройств за нормативный срок эксплуатации, а также моральным износом проекта ПТК в целом.

Моральный износ наступает при существенной смене технологий. К примеру, замена полива дождеванием капельным или внутрипочвенным орошением или замена осушения открытой сетью каналов на более совершенный закрытый дренаж. При износе ПТК требуется их реконструкция, для чего необходимы новые специальные проекты.

Время существования проекта отличается от срока окупаемости, т. е. времени, когда возвращаются затраты в инвестиционный проект природообустройства и проект начинает приносить прибыль.

Планирование объектов ПТК проводится в соответствии с государственной и региональными программами, а также по заказам землепользователей и собственников земельных участков. В программах предусматриваются приоритеты определенных видов мероприятий.

Выбор объекта ПТК осуществляется на основе *бизнес-планов*, разрабатываемых районными управлениями сельского хозяйства и продовольствия по предложению сельскохозяйственных организаций, в которых учитываются потенциальное плодородие почв, техническое со- стояние систем, эффективность вкладываемых средств и достижение обоснованных показателей сельскохозяйственного производства. Утвержденный перечень объектов (строек) ПТК на планируемый период является основой для проведения *тендерных торгов* по выбору проектной организации.

Контроль выбора объектов на районном уровне осуществляют районные исполнительные комитеты, на областном – комитеты по сельскому хозяйству и продовольствию и облисполкомы, на республиканском – Государственное объединение по мелиорации земель, водному и рыбному хозяйству Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

Создание и использование объектов ПТК включает ряд последовательно взаимосвязанных этапов:

1) *изыскания* → 2) *проектирование* → 3) *строительство* → 4) *эксплуатация* → 5) *реконструкция* → 6) *ликвидация системы.*

При создании сложных объектов, имеющих важное народнохозяйственное и экологическое значение, приведенным выше этапам может предшествовать этап научного обоснования.

Изыскания, как первый и наиболее ответственный этап строительного производства, во многом определяют его итоговое качество. Ошибочные или неполные данные изысканий неизбежно приводят к некачественному проектированию и строительству.

Проектирование строительства и реконструкции систем и сооружений ПТК осуществляется специализированными проектными организациями, получившими в установленном законодательством порядке специальную лицензию (разрешение) на исполнение соответствующих видов работ.

Порядок разработки и утверждения проектной документации по объектам ПТК устанавливается Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь по согласованию с Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь и Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь. *Проектно-сметная документация* в обязательном порядке содержит *экологический паспорт проекта* и раздел «Охрана природной среды».

Государственная экспертиза проектной документации на строительство, реконструкцию и капитальный ремонт систем и сооружений ПТК осуществляется республиканским органом государственного управления по вопросам архитектуры и строительства.

Государственная экологическая экспертиза вышеуказанной документации проводится в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Контроль качества проектной документации и проведения экспертизы осуществляет Государственное объединение по мелиорации земель, водному и рыбному хозяйству, заказчик и Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь.

Строительство и реконструкция систем и сооружений ПТК осуществляется только на основании *проектно-сметной документации*, разработанной в соответствии с государственными строительными, природоохранными, санитарными, другими нормами, правилами и стандартами, согласованными и утвержденными в установленном законодательством порядке, в том числе и с органами государственной экологической экспертизы.

Данные виды работ выполняются специализированными предприятиями и организациями, имеющими разрешение (лицензию) на их выполнение (ПМК, ПМС).

Выбор подрядной организации для объектов со стоимостью строительства менее 3 тыс. базовых величин осуществляется на основании договора строительного подряда, а более 3 тыс. – только на тендерной основе.

Основными критериями выбора победителя подрядных торгов являются наименьшая стоимость выполняемых работ при обязательном условии не превышения стартовой цены объекта и выполнения проектных сроков строительства объекта.

Строительство (реконструкция, ремонт) объектов осуществляется только на основе предварительно разработанных решений по организации строительства и технологии производства работ, которые определяются в проекте организации строительства (ПОС) и проекте производства работ (ППР).

Состав и содержание проектных решений и документации в ПОС и ПНР определяются в зависимости от вида строительства и сложности объекта.

Приемка в эксплуатацию построенных объектов вышеупомянутого назначения проводится в порядке, установленном Правительством Республики Беларусь. Для этих целей, как правило, создаются специализированные рабочие комиссии, состоящие из представителей проектной, строительной, землеустроительной, финансирующей организаций и заказчика.

Техническую эксплуатацию государственной сети и сооружений ПТК осуществляют государственные предприятия по строительству и эксплуатации систем ПТК за счет средств республиканского бюджета.

Техническая эксплуатация сети и сооружений, находящихся на балансе сельскохозяйственных предприятий (внутрихозяйственная сеть), осуществляется ими по договорам со специализированными предприятиями или своими силами.

Лекция №4
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ.

1.Общие сведения о рекультивации земель.
2 Краткий обзор развития рекультивации земель.
3 Особенности рекультивации и охраны земель в Беларуси

Вопрос 1

Пользование земными недрами объективно связано с нарушением земной поверхности, значительным изменением природных ландшафтов. Эти изменения наиболее существенны при открытом способе разработок. Предприятия добывающих отраслей используют для технологических нужд значительные площади сельскохозяйственных и лесных земель, которые в процессе выработки качественно изменяются.

Нарушенные земли характеризуются изменением рельефа местности, уничтожением или удалением почвенного покрова и растительности, низкой хозяйственной ценностью. Они загрязняют окружающую среду вредными токсичными веществами, ухудшают санитарно-гигиенические условия жизни населения, осложняют использование земель. К таким землям относят выемки карьеров и провалы поверхности на шахтных полях, природные отвалы карьеров и шахт, шлако-накопители и хвостохранилища обогатительных фабрик, золоотвалы электростанций, свалки твердых отходов и т. д.

Одним из средств восстановления ландшафтов, нарушенных добычей нерудных ископаемых, и выработанных торфяных месторождений, а также улучшения санитарно-гигиенических условий природной среды является рекультивация.

Рекультивация (от лат. *re* – восстановление, возобновление + *cultivo* – обрабатываю, возделываю) – осуществление комплекса мероприятий, направленных на восстановление природно-исторической и хозяйственной ценности нарушенных земель, достаточного для экономически оправданного хозяйственного освоения, создания водоемов, рекреационных и селитебных зон.

Приказом Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь № 22 от 25 апреля 1997 г. утверждено Положение о порядке передачи рекультивированных земель землевладельцам и землепользователям субъектами хозяйствования, разрабатывающими месторождения полезных ископаемых и торфа, а также проводящими геологоразведочные, изыскательские, строительные и иные работы, связанные с нарушением почвенного покрова.

Нарушенные земли, рекультивация которых экономически неэффективна, подлежат консервации с использованием технических, химических и биологических методов, обеспечивающих охрану окружающей среды от их отрицательного влияния.

Охрана земель – осуществление системы мероприятий по сохранению, улучшению и целевому использованию земель. Охрана земель является неотъемлемой частью комплекса охраны природы. Она включает защиту почв от эрозии, загрязнения, вторичного засоления, восстановление нарушенных земель, мероприятия по повышению плодородия почв и их рациональному использованию.

Потребности современного общества в природных ресурсах неизмеримо возросли и прогрессивно возрастают, в хозяйственную деятельность вовлекаются все новые их виды.

Под влиянием сельского хозяйства изменяются почвы, растительность, животный мир, гидрографические характеристики речного водосбора, качество атмосферного воздуха и воды и др. Эти изменения оказывают определенное воздействие на народное хозяйство, здоровье людей и т. д. В дальнейшем, по мере интенсивного развития сельского хозяйства, эта проблема будет становиться еще острее.

Объектами рекультивации являются *нарушенные земли* – территории, на которых нарушены, разрушены или полностью уничтожены компоненты природы (растительный и почвенный покров, грунты, подземные воды, местная гидрографическая сеть); изменен рельеф местности.

К нарушенным землям относятся также *загрязненные земли*, т. е. земли, на которых в компонентах природы произошло увеличение содержания веществ, вызывающих негативные токсико-экологические последствия (загрязнение радиоактивными и отравляющими веществами, нефтью и нефтепродуктами, аэрозолями и пылевыми выбросами, органическими и неорганическими веществами, остаточным количеством пестицидов, сточными водами и удобрениями).

Объектами рекультивации являются:

– выемки карьеров, выработки торфа;

– деформированные поверхности шахтных полей, породные отвалы шахт и карьеров;

– золоотвалы электростанций;

– отвалы шлака металлургических заводов, полосы, резервы и кавальеры вдоль каналов, железных и шоссейных дорог;

– трассы трубопроводов;

– площадки буровых скважин, промышленные площадки и транспортные коммуникации ликвидированных (отработанных) предприятий и отдельных объектов;

– загрязненные земли на нефтяных и других месторождениях и т. д.

Комплекс рекультивационных работ представляет собой сложную многокомпонентную систему взаимоувязанных мероприятий, структурированных по уровню решаемых задач и технологическому исполнению.

Выделяют следующие этапы рекультивации:

– подготовительный (проведение инвестиционного обоснования мероприятий по рекультивации нарушенных земель, разработка архитектурного проекта и рабочей документации);

– технический (инженерно-техническая часть проекта, направленная на восстановление или создание новой поверхности нарушенных земель, очистку от загрязняющих веществ, восстановление почвенного покрова и подготовку к биологической рекультивации);

– биологический – завершающий этап проекта рекультивации (озеленение, лесное строительство, биологическая доочистка почв, агромелиоративные и фиторекультивационные мероприятия, направленные на восстановление процессов почвообразования).

Продолжительность двух последних этапов условно называют *рекультивационным периодом*, который в зависимости от состояния нарушенных земель и их целевого использования может длиться от одного года до нескольких десятков лет до полного восстановления компонентов природы.

Вопрос 2

Рекультивация земель является сравнительно молодым видом природообустройства. Мировой опыт рекультивации земель насчитывает всего около 90 лет. Первые работы по рекультивации земель были проведены в 1926 г. на участках, нарушенных горными работами в штате Индиана (США).

В СССР рекультивацию земель начали проводить со второй половины XX в. Объектами рекультивации земель в этот период были:
в Эстонии – карьеры, образовавшиеся при добыче сланцев; в России – карьеры при добыче бурого угля; на Украине – при добыче железной руды, в Беларуси – территории выработанных торфяников.

В настоящее время в зависимости от характера антропогенного воздействия нарушенные земли образуются:

– при добыче торфа (фрезерные поля, карьеры гидроторфа, машиноформованные карьеры);

– при разработке нерудных строительных материалов (карьеры песка, глины, песчано-гравийных материалов);

– при производстве открытых горных работ (карьерные выемки, внутренние и внешние отвалы);

– при производстве подземных разработок (провалы, прогибы, шахтные отвалы-терриконы);

– при функционировании урбанизированных территорий (золоотвалы, шлакоотвалы, шламонакопители, свалки твердых бытовых отходов и др.);

– в результате проведения разведочных и изыскательских работ (участки земель с нарушенным растительным и почвенным покровом, а также участки земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами);

– при выполнении строительных и эксплуатационных работ (участки земель с частично или полностью нарушенным растительным и почвенным покровом, территории земель, подвергающиеся подтоплению, затоплению и эрозионным процессам, а также насыпи, кавальеры, отвалы и др.);

– при технологических процессах в ходе получения материалов, веществ, электрической энергии (земли, загрязненные аэрозолями и пылевыми выбросами, органическими и неорганическими веществами, радиоактивными элементами);

– при сельскохозяйственном производстве (земли, загрязненные остаточным количеством пестицидов, сточными водами и удобрениями, а также засоленные, эрозионные и малопродуктивные земли);

– в результате военных действий, при производстве оружия и его основ (земли, загрязненные радиоактивными, отравляющими, токсичными органическими и неорганическими веществами, опасными бактериологическими компонентами).

Природные системы способны обеспечить естественную эволюционную трансформацию и самовосстановление нарушенных компонентов. Благодаря этому свойству техногенные субстраты, подвергаясь воздействию тепла, воды, ветра, растений и микроорганизмов, постепенно трансформируются, разрушаются, связываются до недоступных для биоты форм.

Интенсивность этого процесса определяется многими факторами, в зависимости от которых преобразование нарушенных земель, особенно в сложных условиях, может продолжаться десятки и даже сотни лет.

При подборе видового состава растений для восстановления нарушенных земель необходимо учитывать опыт природного восстановления.

Поэтому рекультивацию следует начинать с изучения опыта природной эволюции нарушенных земель, чтобы найти наиболее эффективные способы оптимизации измененных геосистем с целью превращения их в культурные ландшафты.

Сущность рекультивации нарушенных земель заключается:

– в анализе эволюции нарушенных земель с целью изучения природной трансформации компонентов в измененных геосистемах и разработке способов управления геологическими и биологическими процессами в рекультивационный период;

– оценке природных, технологических и социально-экономических условий для обоснования направления использования нарушенных земель;

– разработке способов рекультивации по отдельным видам нарушенных земель, создании специальных инженерно-экологических систем по оптимизации функционирования техноприродных геосистем.

Сельское хозяйство (включая и мелиорацию) является, с одной стороны, важнейшей составляющей в решении продовольственной проблемы, с другой – одним из основных факторов, определяющих состояние окружающей среды. В настоящее время в мире земли сельскохозяйственного назначения, леса и поселения уже занимают 95 % земель, пригодных для обитания.

Мировое потребление минеральных удобрений увеличилось более чем в 10 раз. Применение высоких доз минеральных удобрений, особенно в странах с низкой культурой земледелия, ведет к загрязнению почв и водных ресурсов и, что особенно опасно, – продовольствия.

Широкое развитие орошения, в свою очередь, сопровождается исчерпанием и загрязнением водных ресурсов, засолением и подтоплением земель.

Основные причины уменьшения площади пахотных земель на одного жителя заключаются в развитии деградационных процессов (эрозии, дефляции, засоления, опустынивания) и увеличении численности населения в мире.

За всю историю развития цивилизации уничтожено около двух миллиардов гектаров плодородных земель, т. е. больше, чем площадь современных сельскохозяйственных угодий мира.

Основные причины уничтожения плодородных земель: водная эрозия – 56 %; дефляция – 28 %; засоление – 12 %; физическая деградация – 4 %.

Степень распашки территории в большинстве регионов мира практически достигла предельных значений (40 %), а в ряде стран и превысила их: США – 28 %, Европа – 30 %, Индия – 70 %, Китай – 75 %, Россия (ЦЧО, Северный Кавказ) – 60–70 %.

В результате в большинстве регионов наблюдается интенсивное развитие деградационных процессов (эрозия, засоление, переувлажнение и др.). За последние 40 лет из сельскохозяйственного оборота исключено более 30 % пахотных угодий, а более 20 % земель находится в неудовлетворительном состоянии.

Дефицит водных ресурсов уже сегодня стал важным фактором в мировой политике и причиной многочисленных межгосударственных конфликтов.

Деградация почвенного покрова и истощение водных ресурсов, возникающие в процессе интенсивного природопользования, заставили человека заниматься рекультивацией загрязненных и нарушенных земель.

Настало время выработать новые принципы согласования стратегии природы и стратегии человека.

Принципы антропоцентризма, в той мере, в которой они до сих пор направляли деятельность людей, должны быть заменены пониманием того факта, что род людской всего лишь один из биологических видов и вне биосферы он существовать просто не может.

Вопрос 3

В настоящее время в Беларуси разрабатывается открытым способом около 300 месторождений местных строительных материалов (глины, песка, песчано-гравийной смеси, строительного камня и др.), а также 30 месторождений нефти, поваренной и калийной солей.

Особенно значительный ущерб земельным ресурсам нанесен при разработке месторождений калийных солей ПО «Беларуськалий». За время его существования из сельскохозяйственного оборота изъято около 5 тыс. га земель, в том числе около 1440 га под солеотвалы и хвостохранилища.

Высота отвалов достигает 40-80 м, шлакохранилищ – 10–15 м, в них накоплено около 350 млн. т отходов. Влияние горных работ сказалось на площади 12–13 тыс. га. Произошли засоления подземных вод до глубины 8–120 м, просадки земной поверхности, деформация пород над горными выработками и под телом солеотвалов, заболачивание земель.

Культуртехническая неустроенность территории (9,7 % пашни за- валунено, средний размер контура пашни 11,2 га, 14 % сельхозугодий имеют содержание гумуса менее 1,5 %, 2 млн. пашни и 700 тыс. га кормовых угодий нуждаются в известковании, 88 тыс. га заросли кустарником и мелколесьем) также требует земельных улучшений и рекультивации.

Обширные площади земель нарушены в результате промышленной добычи торфа.

Всего за последние 50 лет в Республике Беларусь добыча торфа велась примерно из 1400 месторождений, в результате чего использовано около 800 млн. т и нарушено не менее 500 тыс. га болот. В перспективе площадь добычи торфа увеличится на 40–50 тыс. га.

Сейчас в республике ежегодно добывается около 50 млн. т торфа, из них на топливо – 3 млн. т. К сказанному необходимо добавить, что разведанные и прогнозные запасы торфа составляют примерно 11 млрд. т, прирост – менее 1 млн. т, а мировые запасы этого ископаемого – 285 млрд. т.

Запасы торфа в Беларуси могут быть исчерпаны в течение 100 лет (С. Г. Скоропанов, 1980).

Основное направление использования выработанных торфяников – сельскохозяйственное, перспективное – повторное заболачивание, которое уже проведено на площади 400 тыс. га.

Площадь с опасным уровнем химического загрязнения почв токсичными веществами (тяжелые металлы, нефтепродукты и др.) в городах оценивается в 78,6 тыс. га, в зонах влияния полигонов коммунальных и промышленных отходов – 2,5, автодорог – 119,3, в пределах сельскохозяйственных угодий – 10 тыс. га.

Сельскохозяйственное производство ведется на 1,3 млн. га земель, загрязненных радионуклидами.

В настоящее время практически все почвы, используемые в хозяйственной деятельности человека, в той или иной степени отличаются от нетронутых аналогов.

В большинстве областей республики широко распространены деградированные торфяные почвы. К таким почвам относятся торфяно-минеральные, остаточно-торфяные минеральные и постторфяные минеральные. В составе сельскохозяйственных земель Гомельской и Брестской областей такие почвы занимают соответственно 4,5 и 5 % их площади. Брестская область располагает самыми большими площадями этих почв в составе пахотных земель. Значительные площади таких почв имеются и в составе сельскохозяйственных земель Минской области. Общая площадь деградированных торфяных почв составила в Беларуси в 2010 г. 190,2 тыс. га.

Наибольшие площади деградированных дерновых почв сконцентрированы в пределах сельскохозяйственных земель Могилевской (0,9 %), Витебской (0,5 %) и Гомельской (0,5 %) областей.

Почвы овражно-балочного комплекса характерны в основном для сельскохозяйственных земель районов распространения холмисто-моренного рельефа Витебской (0,3 %) и лессового плато Могилевской (0,2 %) областей.

Нарушенные почвы встречаются во всех областях республики приблизительно на одинаковых площадях. Формирование их приурочено к проведению различного рода строительных и культуртехнических работ, сопровождающихся частичным или полным нарушением строения естественного профиля.

Нарушенные рекультивированные почвы наибольший процент занимают среди сельскохозяйственных земель на территории Гродненской и Минской областей (по 0,8 %). Это в основном рекультивированные торфяные почвы.

Отдельными массивами встречаются также техногенно заболоченные почвы (подтопленные и постдренированные). Формирование подтопленных почв приурочено к зонам крупных водохранилищ и выработки полезных ископаемых шахтным способом. Постдренированные почвы характерны для староосушенных территорий с неисправной гидромелиоративной системой. Особую группу составляют загрязненные почвы, и прежде всего, химически загрязненные радиоактивными веществами.

Рекультивация нарушенных и загрязненных земель в Республике Беларусь, наряду с мелиорацией земель, природоохранным обустройством территорий, борьбой с природными стихиями, рассматривается как важная часть природообустройства. Она заключается в восстановлении свойств компонентов природы и самих компонентов, нарушенных человеком или загрязненных в процессе природопользования, функционирования техноприродных систем и другой антропогенной деятельности, для последующего их использования и улучшения экологического состояния окружающей среды.

Лекция №5
ЭТАПЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

1.Подготовительный этап рекультивации.
2.Рекультивационный режим.
3. Выбор направления использования нарушенных земель

Вопрос 1

Подготовительный этап включает разработку рабочей документации, в том числе, проведение инвестиционного обоснования мероприятий по рекультивации нарушенных земель.

Проектную документацию на стадии инвестиционного обоснования или рабочего проекта разрабатывают на основе задания заказчика на проектирование рекультивации нарушенных земель.

Инвестиционное обоснование представляет собой исследование вариантов проектных решений с целью выбора оптимального, имеющего наилучшее сочетание коммерческого, социального и экологического эффектов.

Рабочий проект – это регламентированный нормативами комплект проектно-сметной документации, по которой проводят работы технического и биологического этапов рекультивации нарушенных земель.

Любая стадия проектирования проходит согласование в инспектирующих органах и сопровождается экологической экспертизой.

Проектирование рекультивации на любой стадии начинают с анализа имеющихся проектов, при реализации которых произошли нарушения почв и растительного покрова, или технологий предприятий и организаций как источников этих нарушений.

При недостатке информации для принятия конструктивных решений проводят фрагментарные, а при необходимости комплексные изыскательские работы по всей нарушенной территории.

Выполнение работ по рекультивации осуществляется в соответствии с утвержденными проектами.

Рекультивация карьеров нерудных материалов (песок, гравий, глина), разработки месторождений общераспространенных полезных ископаемых, срок действия для которых ограничивается сроком стройки объекта (дорога, дамба, сооружение), выполняют по разделу строительного проекта с утверждаемой архитектурной частью, так называемому проекту горного отвода.

При длительном использовании карьера, равно как и для карьеров давнишней выработки, после проведения необходимого объема изыскательских работ, которые выполняют сразу же после закрытия карьера, разрабатывают проект двух этапов рекультивации – технического и биологического.

При этом устанавливается следующая очередность:

1) подготовительные и полевые работы;

2) топографические и почвенно-обследовательские работы;

3) проектные работы и изготовление документов.

В процессе подготовительных и полевых работ производятся:

– инвентаризация, подбор и изучение материалов почвенно-грунтового обследования, схемы рекультивации нарушенных земель, планово-картографической основы и других данных, которые могут оказаться полезными при разработке проекта;

– уточнение расположения объекта и соответствия фактических границ нарушенных земель землеотводным документам;

– использование земель, прилегающих к рекультивируемому участку и их агрономические показатели (гумусовый горизонт, кислотность, обеспеченность фосфором и калием, процент гумуса, урожайность в кормовых единицах и т. д.);

– определение состава пород, их смесей, характера их залегания, микроагрегатного состава, условий увлажнения и естественного зарастания, наличия токсических солей на участках нарушенных земель и т. д.;

– подбор общего направления технологии работ технического и биологического этапов рекультивации;

– выявление пожеланий землепользователей;

– выяснение необходимости проведения топографических и почвенно-обследовательских работ для разработки строительного проекта рекультивации.

По результатам изысканий составляется акт и характеристика нарушенных земель. На основании материалов изысканий разрабатывается задание, которое утверждается руководителем.

Топографические и почвенно-обследовательские работы выполняются с целью получения на участки нарушенных и примыкающих к ним земель доброкачественной топографической основы, а также материалов почвенно-грунтового обследования.

В зависимости от сложности объекта топографическая основа изготавливается в масштабе 1:2000, 1:1000, 1:500 с высотой сечения рельефа 1 м или 0,5 м.

Топографические и почвенно-обследовательские работы выполняются в соответствии с действующими инструкциями, указаниями, руководствами, методиками по топографическим съемкам, почвенному обследованию и составлению крупномасштабных планов и карт.

По результатам почвенно-обследовательских работ составляются: почвенно-грунтовая карта нарушенных территорий; заключение о составе и свойствах пород объектов обследования и рекомендации по биологической рекультивации.

В заключении указываются местоположение и площадь объекта обследования, природные особенности территории, определяющие условия рекультивации земель; дается характеристика морфологических, физико-химических свойств почв, пород, их смесей и рекомендации по приведению нарушенной территории в состояние, пригодное для использования в народном хозяйстве.

В рекомендациях отражаются целесообразность нанесения плодородного слоя почв или потенциально плодородных пород на поверхность нарушенных земель с учетом их дальнейшего хозяйственного использования, виды основных сельскохозяйственных культур, агротехническое их возделывание в период биологической рекультивации и хозяйственное использование рекультивируемых земель, прогноз уровня их продуктивности.

В состав проектных работ входят:

– разработка технологии работ по рекультивации нарушенных земель;

– определение объемов работ;

– составление сметной документации.

Проект рекультивации и технологии его выполнения должны отвечать определенным требованиям, одновременная реализация которых призвана повысить эффективность восстановления компонентов природы. Такой набор требований называют *рекультивационным режимом.*

Вопрос 2

Рекультивационный режим определяется состоянием нарушенных земель и включает следующие основные показатели:

– эрозионную устойчивость поверхности земли;

– экспозицию отвалов и других форм рельефа нарушенных земель;

– допустимые нормы снятия почвенного слоя и сроки его хранения;

– геологический и химический состав горных субстратов и потенциально плодородных пород;

– толщину наносимого почвенного слоя при землевании;

– мощность рекультивационного слоя;

– допустимые пределы регулирования влажности почвы (субстратов) и глубины грунтовых вод;

– допустимые сроки затопления и подтопления земель;

– предельные значения общей минерализации поверхностных и грунтовых вод;

– допустимое содержание токсичных элементов в почвах, горных субстратах, поверхностных, грунтовых и сточных водах;

– агрохимические показатели плодородия почвы;

– интенсивность формирования наземной и водной биоты;

– эстетичный вид техноприродного ландшафта.

Вопрос 3

Выбор направления использования нарушенных земель в проекте выносят в отдельный раздел и тщательно обосновывают, используя материалы изысканий, прогнозы изменения природной среды и оценку пригодности земель для целей рекультивации.

Целевыми являются следующие виды использования нарушенных земель:

– сельскохозяйственное;

– лесохозяйственное;

– рыбохозяйственное;

– водохозяйственное;

– рекреационное;

– строительное;

– санитарно-эстетическое (санитарно-гигиеническое).

При выборе направления рекультивации земель предпочтение отдают созданию сельскохозяйственных угодий, особенно в густонаселенных районах с благоприятными для этих целей условиями.

Рекультивацию по улучшению санитарно-эстетических условий проводят на объектах, представляющих угрозу для здоровья населения и экологического состояния природной среды.

Если необходимо, то такие нарушенные земли консервируют, а с появлением новых технологий, обеспечивающих их восстановление до нормативных требований, снова используют в хозяйственных целях.

Виды использования рекультивированных земель определяются на стадии проектирования. При этом учитывают:

– качественные характеристики нарушенных земель по техногенному рельефу, горным породам или искусственным грунтам, образующим корнеобитаемый слой, или по характеру обводнения (увлажнения);

– географические и экономические условия зоны размещения нарушенных земель;

– технико-экономические, экологические и социальные факторы.

Рекультивация земель для использования в сельском хозяйстве проводится, как правило, на участках с нанесенным плодородным слоем почвы или участках, сложенных потенциально плодородными породами.

Земельные участки, рекультивируемые для использования в сельском хозяйстве, должны быть спланированы, покрыты плодородным слоем почвы, но мощностью не менее чем на смежных площадях аналогичных видов угодий.

Участки должны быть удобными для выполнения сельскохозяйственных работ с применением современных машин, иметь уровень грунтовых вод, обеспечивающий оптимальные условия для произрастания растений.

Для рыбного хозяйства в основном используются глубокие карьеры после выработок из-под глин и суглинков, а также в местах, где необходимо иметь водоемы для хозяйственных целей.

Рекультивация земель для использования в лесном хозяйстве проводится на малоплодородных землях, в основном песчаных, супесчаных, когда на породу по тем или иным причинам не наносится перегнойный гумусовый горизонт, а также на территориях, где тщательное выравнивание и планирование являются экономически нецелесообразными.

На земельных участках, подготавливаемых для лесохозяйственного использования, должен быть создан корнеобитаемый слой, необходимый для произрастания древесно-кустарниковой растительности, построены мелиоративные, гидротехнические, противоэрозионные и другие сооружения согласно утвержденному проекту.

Нарушенные земли, рекультивация которых нецелесообразна, подлежат консервации с использованием технических, химических и биологических методов.

Передача рекультивированных земель землевладельцам и землепользователям для использования их по назначению производится в соответствии с действующим законодательством.

Лекция №7
ТЕХНИЧЕСКИЙ ЭТАП РЕКУЛЬТИВАЦИИ

1.Химические мероприятия.
2.Освоение и окультуривание рекультивируемых земель.
3.Гидротехнические и теплотехнические мероприятия

Вопрос 1

Технические мероприятия по рекультивации нарушенных земель бывают следующих видов:

– проективные мероприятия – создание новых проектных поверхностей и форм рельефа (вертикальная планировка, профилирование, ликвидация западин и понижений и т. д.);

– структурные – изменение состава и структуры рекультивационного слоя (землевание, торфование, кольматаж, сооружение терпов);

– химические мероприятия (известкование, гипсование, кислование, внесение сорбентов, органических и минеральных удобрений);

– освоение (удаление ненужной древесно-кустарниковой растительности, пней, камней, разделка кочек и дернины) и окультуривание рекультивируемых земель;

– водные, или гидротехнические мероприятия (осушение, орошение, организация поверхностного стока), и теплотехнические (мульчирование, грядование, обогрев, применение утеплителей).

Вопрос 2

Проективные мероприятия. В зависимости от вида и характера нарушения почвенного покрова и намечаемых мероприятий по приведению его для использования в народном хозяйстве подбирают метод определения объемов работ по технической рекультивации.

При значительном преобразовании естественных форм рельефа разрабатывается проект вертикальной планировки.

Основное содержание вертикальной планировки заключается в преобразовании существующей топографической поверхности в другую. Проектирование вертикальной планировки осуществляется различными методами.

По способам расчета проектных отметок различают *аналитический, графический* и *графоаналитический* методы.

По способу изображения преобразованного рельефа различают:

– метод профилей (для небольших карьеров простой конфигурации);

– метод проектных горизонталей и отметок (при значительных размерах и сложной конфигурации карьеров).

Раскроем сущность первого способа и методику его проектирования.

Основой для разработки вертикальной планировки служат топографические планы масштабов 1:5000–1:500.

Проект вертикальной планировки предусматривает изменение форм и уклонов естественной поверхности земли, что отображается на карте проектными горизонталями.

Масштаб топографической карты, степень точности и подробности изображения на карте естественного рельефа должны позволить выбрать на ней с достаточной точностью наиболее целесообразное положение проектных поверхностей с учетом уклонов и объемов земляных работ.

При составлении проекта вертикальной планировки естественную поверхность называют фактической, а преобразованную – проектной, они характеризуются соответственно фактическими и проектными отметками. Разность между проектной и фактической отметками называется рабочей отметкой.

Положительные рабочие отметки характеризуют высоту насыпи, а отрицательные – глубину выемки.

Точка, для которой рабочая отметка равна нулю, называется точкой нулевых работ. Геометрическое место этих точек образует линию нулевых работ.

Фактическая поверхность показывается черными горизонталями, проектная – красными, линия нулевых работ – синим цветом.

Применяются различные способы определения наиболее выгодного положения проектируемых плоскостей (соблюдение уклонов, баланса работ, минимума земляных работ).

При проектировании отдельных площадок объемы земляных работ вычисляют для каждого отдельного квадрата сетки и составляют картограмму земляных работ, которая служит дополнением к проекту вертикальной планировки на топографической карте. Этой картограммой пользуются при осуществлении на местности проекта вертикальной планировки.

На картограмму наносят сетку квадратов, выписывают у каждой вершины квадрата черные, красные и рабочие отметки (для насыпи – со знаком плюс, для выемки – со знаком минус), а в середине квадрата – объем земляных работ. Линию нулевых работ обычно показывают пунктиром, участки выемки – штриховкой.

Необходимые для подсчета объемов площади неполных квадратов измеряют планиметром или палеткой. Объемы определяют непосредственным вычислением или с помощью специальных номограмм. Их подсчитывают отдельно как для насыпи, так и для выемки.

Для подсчета объемов с помощью профилей на них должны быть показаны черные, красные и рабочие отметки, расстояния, уклоны, нулевые точки. Объемы насыпи или выемки между двумя смежными профилями подсчитывают по упрощенной формуле усеченной пирамиды, основанием которой служат плоскости профилей, а высотой – расстояние между профилями.

Необходимой точности вертикальной планировки в большинстве случаев удовлетворяют размеры квадратов и расстояние между профилями, равные 20 м. В зависимости от сложности местности эти расстояния могут изменяться и приниматься равными 10, 30, 40 и 50 м.

Аналогично определению объемов работ по перемещению грунта определяются объемы работ по снятию и перемещению плодородного слоя почвы с примыкающих земель, грунт которых будет использоваться для рекультивации нарушенных земель.

Очередность работ по вертикальной планировке изложена в учебном пособии [2].

С учетом принятых технологических схем производства работ (табл. 1–2) составляют локальные и сводные сметы и технико-экономические показатели на техническую рекультивацию (табл. 3).

Таблица 1. **Ориентировочные технологические схемы на рекультивацию нарушенных земель (карьеров) [3]**

Наименование технических операций	Тип оборудования
Снятие плодородного слоя почвы на площади срезки грунта с перемещением его во временные отвалы	Бульдозер с открылками
Срезка грунта с прилегающих к карьеру площадей и перемещение его на территорию подсыпки	Бульдозер с открылками
Выравнивание площади подсыпки с обеспечением требуемого уклона	Бульдозер
Восстановление плодородного слоя почвы на площади срезки грунта	Бульдозер
Погрузка плодородного слоя почвы на автосамосвалы	Экскаватор
Перевозка плодородного слоя почвы с его выгрузкой на территории карьера	Автосамосвалы
Равномерное разравнивание плодородного слоя почвы по территории карьера	Бульдозер

Примечание. Схемы применяются в случае засыпки карьера грунтом, срезаемым с прилегающей территории, а растительный слой на площади карьера создается за счет привозного плодородного слоя почвы.

Таблица 2. **Ориентировочные технологические схемы на рекультивацию нарушенных земель (карьеров) [3]**

Наименование технических операций	Тип оборудования
1	2
Перемещение в карьер внешних отвалов вскрышных пород	Бульдозер
Погрузка грунта для дополнительной засыпки на автосамосвалы	Экскаватор
Перевозка грунта, необходимого для дополнительной засыпки, с его выгрузкой на территории карьера	Автосамосвалы
Планировка и разравнивание территории карьера после засыпки его вскрышными породами и привозным грунтом	Бульдозер
Уплотнение грунта в насыпи	Катки
Погрузка плодородного слоя почвы на автосамосвалы	Экскаватор
Перевозка плодородного слоя почвы с его выгрузкой на территории карьера	Самосвалы

Примечание. Схемы применяются, когда для засыпки карьера используются внешние отвалы вскрышных пород и частично привозной грунт, а на площадях, примыкающих к карьеру, отсутствует плодородный слой почвы.

Таблица 3. **Форма ведомости для расчета технико-экономических показателей рекультивации [3]**

Показатели	Количество
Площадь рекультивации, га	
Мощность наносимого слоя, м: потенциально-плодородных пород	
плодородного слоя почв	
Общий уклон поверхности после рекультивации, град	
Угол откосов бортов карьера после выполаживания, град	
Объем земляных работ, тыс. $м^3$: выемка	
насыпь	
Объем работ по транспортировке привозных грунтов, тыс. $м^3$:	
а) плодородного слоя почв, тыс. $м^3$: объем	
дальность, км	
б) потенциально-плодородных пород, тыс. $м^3$: объем	
дальность, км	
Группа грунтов по трудности разработки, группа	
Сметная стоимость технического этапа рекультивации, тыс. руб.	

Сметная стоимость биологического этапа рекультивации, тыс. руб.	
Всего инвестиций, тыс. руб.	

Вопрос 3

Структурные мероприятия. Термин «структурные мероприятия» появился недавно. К структурным техническим рекультивационным мероприятиям относят изменение состава и структуры рекультивируемого слоя (землевание, торфование, сапропелевание, кольматаж, сооружение терпов). Они направлены в основном на улучшение почвы структуры, ее водно-физических свойств и плодородия.

Приемы эти давно известны, широко применялись в Германии, Нидерландах, Австрии, Польше в XVIII–XIX веках, в России и Беларуси первые опыты были проведены в прошлом веке.

Землевание – способ улучшения физических, тепловых, агротехнических и микробиологических свойств торфяных почв путем внесения на них песка (пескование), суглинка и глины (глинование).

Внесение добавок минерального грунта повышает плотность и несущую способность торфа. Кроме того, улучшается проходимость сельскохозяйственных машин, снижается кислотность пахотного слоя и содержание вредных для растений закисных соединений и окислов, улучшается питательный режим почвы (увеличивается содержание нитратов, кальция, магния, ряда микроэлементов, закрепляется в почве калий и фосфор), повышается устойчивость почвы к эрозии и дефляции, уменьшается опасность пожаров и ранневесенних заморозков.

Землевание – это комплекс работ по снятию, транспортированию и нанесению плодородного слоя почвы или потенциально плодородных пород на малопродуктивные угодья с целью их улучшения.

Содержание гумуса в почве, наносимой на спланированную поверхность, должно быть не менее 2 %.

В качестве потенциально плодородных пород используют супесчаные и суглинистые грунты.

Землевание особенно необходимо при создании рекультивационного слоя на землях, непригодных для проведения биологической рекультивации по физическим или химическим свойствам. Мощность рекультивационного слоя на потенциально плодородных породах определяется направлением использования нарушенных земель. Например, при создании сельскохозяйственных угодий наносимый почвенный слой должен быть не менее 20–25 см, дальнейшее увеличение глубины землевания определяется уже экономическим эффектом, получаемым за счет прибавки урожая от этого мероприятия.

Торфование – внесение торфа на рекультивированные песчаные и супесчаные почвы, обладающие высокой водопроницаемостью, малой водоподъемной и водоудерживающей способностью и содержащие малое количество перегноя, глинистых и илистых частиц.

При внесении торфа повышается влагоемкость, улучшаются водно-физические, агрохимические и биохимические свойства почвы, активизируются микробиологические процессы, несколько улучшается пищевой режим и повышается продуктивность культур.

На тяжелых суглинистых и глинистых почвах этот прием неэффективен.

Сапропелевание почвы. Под термином «сапропель» принято понимать современные отложения плоских, сравнительно мелководных, пресноводных, непроточных водоемов или озер со слабыми течениями, в которых содержится не менее 15 % органических веществ от абсолютно сухой массы.

При добыче сапропеля выгодна двойная: обновляется озеро, почти потерявшее свою ценность, и одновременно в сельскохозяйственный оборот вовлекаются расположенные вдоль водоема пустующие земли.

В настоящее время существует две технологии добычи сапропелей: гидромеханизированная и экскаваторно-грейферная.

Первая из них является самой дешевой и наиболее распространенной, она рекомендуется для добычи малозольных (до 40–50 %) и обводненных сапропелей (влажность более 92 %). Лимитирующим фактором является глубина воды (до 4–5 м) на месторождении.

В Республике Беларусь разведано более 200 месторождений сапропелей с общим запасом 3 млрд. $м^3$ (75 % их сосредоточены в Белорусском Поозерье) и ежегодным приростом 1,8 млн. $м^3$.

Из сапропеля производят ценные гранулированные удобрения-сапрофиты (1 т дает прибавку 30–35 ц/га картофеля). Он используется в лечебных, строительных и других важных целях.

Кольматаж – наращивание рекультивируемой поверхности почвы отложением взвешенных в воде потенциально плодородных наносов.

Кольматаж эффективен, если в речной воде содержится много мелкозернистых наносов.

Благоприятные условия для него на реках Нил и Инд (в воде содержится до 0,4 % наносов), Тигр (0,77 %), Сырдарья и Амударья
(1,0–1,3 %).

Для кольматажа устраивают сеть каналов от реки-донора на кольматируемой площади, которые проводят по возвышенным местам так, чтобы дно их по возможности было выше проектной поверхности после кольматажа.

На кольматируемой территории устраивают бассейны, ограниченные дамбами. Размер бассейна, его глубина и объем подачи воды зависят от допустимой скорости движения воды, которая, в свою очередь, зависит от уклона поверхности и от характера взвешенных в воде наносов.

Скорость, при которой наносы выпадают, составляет:

– гравий, галька – 0,11–0,65 м/с;

– песок – 0,16–0,22 м/с;

– глина – 0,08 м/с.

Кольматируемую площадь разбивают дамбами со шлюзами. Высота дамб должна быть на 0,5 м выше уровня воды, который определяется слоем залива бассейна водой (0,5–1,2 м).

Шлюзы с водосливами шириной 4–6 м располагают в шахматном порядке.

Кольматаж может быть периодическим, когда вода в бассейне стоит без движения, наносы выпадают, после чего очищенная вода выпускается и бассейн вновь заливается мутной водой.

При длительном (непрерывном) кольматаже вода медленно протекает через бассейн и прорези в нижней дамбе. Воду отводят через дамбы, а не через дно бассейна.

Кольматаж выполнен на больших площадях в южной Франции (реки Вара, Изер), в Италии (в районе Тосканы на площади 355 $км^2$), в Англии – по р. Днестр, в Колхидской низменности (Грузия) в 1930–1950 гг. – по р. Риони. В некоторых странах (Нидерланды, Дания и др.) кольматаж с использованием морских наносов позволил отвоевать у моря значительные площади.

Разновидностью кольматажа является подача средствами гидромеханизации разжиженного грунта. Намыв грунта слоем 2–2,5 м выполнен в Санкт-Петербурге на заболоченных землях вдоль Финского залива на участке длиной 20 км.

Пойма р. Москвы намыта и подсыпана до 10 м, пойма р. Яузы – до 4 м. В конце 50-х гг. при строительстве Центрального стадиона в Лужниках нижняя пойменная терраса р. Москвы была поднята намывом на высоту 4 м. Аналогичные работы выполнены в Киеве, Могилеве на левом берегу Днепра и др.

Сооружение терпов (насыпка грунта). Под терпами понимаются искусственные холмы-убежища, насыпаемые на заболоченных рекультивированных территориях, подверженных

затоплению при разливах рек и ветровом нагоне воды со стороны моря. На терпах строили жилища и спасались от наводнений.

Первые терпы были построены во втором веке до н. э. на территории нынешних Нидерландов. Холмы-убежища сооружали высотой 6–12 м. До настоящего времени сохранилось более 600 терпов благодаря активной борьбе государства и общественности за их спасение, когда была доказана необходимость их защиты.

Традиция сооружения терпов сохранилась до настоящего времени на новых польдерах осушенного залива Зейдерзе.

Подобные искусственные убежища имеются в дельтах Ганга и Брахмапуты в Индии и Бангладеш, которые были засажены плодовыми деревьями и заселены. Были они и у индейских племен в поймах и дельтах рек Огайо и Миссисипи (США), археологи выделяют здесь специфическую культуру «строителей холмов».

Лекция №7
ХИМИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

1.Химические мероприятия.
2.Освоение и окультуривание рекультивируемых земель.
3.Гидротехнические и теплотехнические мероприятия

Вопрос 1

Химические мероприятия. К химическим техническим мероприятиям при рекультивации земель относят: известкование; гипсование; кислование; внесение сорбентов; окультуривание рекультивируемых земель.

Известкование почвы внесением $CaCO_3$ позволяет повысить реакцию среды (pH) до 4,5–7,5 в зависимости от требований сельскохозяйственных культур.

Нормы внесения извести (известковых удобрений) зависят от вида почвы, реакции среды и качества удобрений. Помимо извести применяют доломитовую муку, сланцевую золу, цементную пыль, известковый туф, сапропель, озерную известь, дефекат. Нормы их внесения устанавливают путем пересчета на физические дозы извести.

Научными организациями разрабатываются приемы биологизации химической мелиорации. Найдены группы микроорганизмов, способных снизить фитотоксичность тяжелых металлов.

Гипсование почвы. Солонцы, солонцовые комплексы и солонцовые почвы распространены в лесостепи, степи и зоне полупустынь. Всем им присущи неблагоприятные водно-физические свойства: при высыхании образуются прочные, трудно поддающиеся крошению глыбы, при увлажнении почвы подвержены заплыванию, поэтому они становятся водонепроницаемыми, им свойственна высокая дисперсность.

Основным фактором их образования и низкой продуктивности является высокое содержание натрия в почве. По характеру засоления солонцы и солонцеватые почвы могут быть солончаковатые, садовые, хлоридно-сульфатные, хлоридные, сульфатно-хлоридные.

В зависимости от содержания поглощенного натрия (% от емкости поглощения) выделяют степень солонцеватости почвы: слабую (до 10 %), солонцы (более 30 %), в зависимости от которой, в свою очередь, дают оценку им по пригодности к земледелию и необходимости в гипсовании.

Кислование – способ мелиорации солончаков и солонцов с очень высокой щелочностью (pH = 9–11) путем внесения кислых химических веществ (серная кислота, сера, сульфат железа, сульфат алюминия, хлористый кальций и др.).

Кислование проводится в несколько этапов. Сначала строится коллекторно-дренажная и оросительная сеть, проводится капитальная планировка поверхности, вносятся химикаты и проводится промывка почвы. На первый этап уходит два года. Далее проводится рассоление

почвы под культурой (люцерна, озимая пшеница) за счет промывного режима орошения и окультуривание почвы. На проектную урожайность новые земли выводят за 4–5 лет.

Фосфоритование почвы. Внесение фосфорных удобрений (суперфосфата, томасшлака, термофосфатов, фосфоритной муки) ускоряет развитие и созревание растений, повышает их зимостойкость, улучшает качество урожая (сахаристость свеклы, содержание крахмала в картофеле, качество волокна льна и конопли), повышает эффективность действия других удобрений.

Химические мелиоранты (структоры). Для улучшения почвы путем уменьшения ее плотности и соленакопления в ней, повышения водопроницаемости и водоотдачи, стабилизации почвенной структуры, закрепления гумуса и снижения проблемы эрозии применяют химические вещества – мелиоранты, или структоры.

Наиболее распространены азотсодержащие химические мелиоранты (жидкий аммиак, мочевинно-формальдегидные конденсаты), которые вносят одновременно с рыхлением почвы на глубину 40–70 см, и поликомплексы (высокомолекулярные вещества), которые после их введения, соединяясь между собой, образуют водопрочную структуру почвы.

Медикаментозные добавки. Известно, что добавка в почву ограниченных доз тяжелых металлов (цинк, селен, медь, кобальт и др.) в районах, где они в дефиците, позволяет получить сбалансированные по элементному составу растительные продукты питания и корма и предотвратить болезни.

Это направление весьма перспективное, оно входит в состав агротехнических и санитарно-гигиенических рекультивационных мероприятий.

Вопрос 2

Освоение и окультуривание рекультивируемых земель. Оценка естественного зарастания нарушенных земель, видов и объемов культуртехнических работ проводится на основании почвенно-мелиоративных, геоботанических и культуртехнических обследований объектов освоения, материалы которых затем используют для хозяйственной оценки земель и выбора оптимальных технологий для проведения культуртехнических работ.

Залесенность земель характеризуется плотностью древостоя по количеству стволов на 1 га, породному составу и среднему диаметру стволов на уровне около 1,5 м от поверхности.

Закустаренность земель оценивают по высоте, диаметру (у корневой шейки) и плотности покрытия проекциями крон, а также по количеству стволов на 1 га.

По технологическим свойствам древесно-кустарниковые породы подразделяют на одноствольные и гнездовые. У одноствольных пород корневая система стержневая или слаборазветвленная (береза, осина, дуб, кедр, ель и др.). Гнездовые породы имеют разветвленные корни и нередко корневые кочки-колбы (ива, орешник, черемуха, крушина, шиповник, ольха серая и др.).

Пни характеризуют по размерам, давности рубки и породному составу.

Размеры пней определяют по диаметру: мелкие – 12–23 см, крупные – 23–40 см, очень крупные – более 40 см.

По давности рубки леса (возрасту) пни различают: свежей рубки – 1–2 года, средней давности рубки – 3–4 года, давней рубки – 5–8 лет.

По характеру корневой системы в зависимости от породы дерева и почвенных условий пни подразделяют на следующие группы:

– с глубоким стержневым корнем и глубокими боковыми корнями (дуб, сосна);

– с глубоким стержневым корнем и неглубокими боковыми корнями (береза и др.);

– с боковыми горизонтально разветвленными корнями – стелющейся корневой системой (ель, серая ольха, сосна на болотах и др.).

Засоренность почвы погребенной древесиной встречается на торфяниках. Ее оценивают методом зондирования торфа на глубину до 50 см.

Каменистость почвы определяют по наличию камней (покрытие почвы) и их объемам.

По размерам (среднему диаметру) камни подразделяют на глыбы – более 1 м; крупные – 0,6–1,0 м; средние – 0,3–0,6 м; небольшие –
0,1–0,3 м; мелкие – 0,05–0,1 м; гальку и щебень – 0,01–0,05 м.

Размер (объем) камня (V, $м^3$) определяют по его среднему диаметру d, м по формуле $V = 0,7d^3$, где коэффициент 0,7 учитывает форму камня. Средний диаметр d определяют путем измерения длины, ширины и высоты камня (сумму трех величин делят на три).

Кочки по происхождению бывают земляные (землистые) и растительные. К земляным кочкам относят скотобойные, муравейниковые, кротовинные, а также кочки-глыбы, образовавшиеся при вспашке. К растительным – осоковые, пушицевые, щучковые и моховые.

Закочкаренность площади определяют по количеству кочек, приходящихся на 1 га: редкие кочки – менее 5 тыс. шт., средние –
5–15, густые – более 15 тыс. шт.

По высоте различают низкие (карликовые) кочки – менее 25 см, средние – 25–40 см, крупные – 40–55 см и огромные (очень крупные) – 55–70 см и более.

Другие неровности рельефа (ямы, старые канавы, западины, бугры и пр.) оценивают также по размерам и количеству на 1 га.

Дернина – это поверхностный слой почвы с многолетней травянистой растительностью, отличающийся значительной связанностью частиц почвы корнями растений и наличием органического вещества. Дернина различается по виду растительности (бобово-злаковая, осоковая, торфяно-моховая и др.), происхождению (сеяная, дикорастущая), плотности и связи с почвой (рыхлая и связная). По толщине (мощности) ее разделяют на слабую – до 6 см, среднюю – 7–12 см и мощную – 13–20 см и более.

Результаты обследований заносят в почвенно-мелиоративную характеристику земельного участка, на основании этих результатов для наглядности с площадью условных обозначений составляется почвенно-мелиоративная карта рекультивируемых земель.

Технология и механизация культуртехнических работ подробно изложена в работе [4].

Первичная вспашка. Основные способы первичной обработки вновь осваиваемых земель – вспашка плугом с оборотом пласта и безотвальное рыхление. На минеральных почвах с мощностью гумусового горизонта менее 18 см следует производить безотвальную обработку по схеме: фрезерование (дискование в два следа); планировка в один след, дискование в один след, уборка мелких камней, планировка в один след, прикатывание. Глубина безотвального рыхления устанавливается с учетом мощности гумусового горизонта и проводится глубже его: для супесчаных почв – на 6–7 см, суглинистых – на 5–6 см и глинистых – на 4–5 см.

Разделка пласта. Для создания на вспаханной поверхности рыхлого слоя достаточной мощности и выравнивания поверхности поля необходима разделка пласта дисковыми боронами. Глубина разделки пласта должна составлять 1/2–1/3 его мощности и превышать 16–18 см. Разделывать пласт необходимо при оптимальной влажности слоя вслед за вспашкой на минеральных землях и через несколько дней (3–5) после вспашки на торфяниках. Увеличение разрыва между вспашкой и дискованием ведет к уменьшению степени крошения почвы. Во избежание огрехов разделка пласта выполняется с перекрытием смежных проходов на 10 % конструктивной ширины захвата дисковых борон. После дискования поверхность почвы должна быть ровной, а верхний слой ее хорошо раскрошен. На обработанном участке не допускаются огрехи и пропуски, разъемные борозды должны быть заделаны, а поворотные полосы обработаны. При этом количество кусков дерна и грунта размером до 15 см на участке 5×5 м не должно превышать 5 шт.

Планировка поверхности рекультивируемых земель производится после вспашки в сочетании с дискованием почв. Планировочные работы включают: засыпку понижений глубиной до 25 см и шириной
20–30 м; ликвидацию микропонижений, возникающих при обработке почвы; качественное

выравнивание поверхности. При этом неровности после работы длиннобазовых планировщиков должны быть в пределах ±7 см от горизонтали. Влажность почвы для производства работ в процентах от абсолютно сухой рекомендуется в следующих пределах:
20–28 (для глинистых), 13–25 (суглинистых), 12–17 (супесчаных), 10–15 (песчаных), 50–70 (торфяных).

Для послойного срезания грунта с планировкой площади и его перемещением используются скреперы. Например, прицепной скрепер ДЗ-13А с гидравлическим приводом и принудительной разгрузкой ковша рекомендуется использовать для планирования грунтов и их транспортирования на расстояние до 5,4 км.

При выполнении на одном и том же участке нескольких видов работ общая доза органических удобрений рассчитывается по формуле

$$Д = Д_1 + (Д_2 + \ldots + Д_n) / (n - 1),$$

где $Д_1$ – доза удобрений, связанная с работой, приводящей к наи-большей потере плодородия почвы, т/га;

$Д_2$ и $Д_n$– дозы для других видов работ, т/га;

n – количество видов работ.

Окультуривание рекультивируемых земель в первые годы их освоения предусматривает повышение уровня плодородия почв не ниже среднего. При этом мощность пахотного горизонта должна составлять не менее 18 см.

При дальнейшем сельскохозяйственном использовании рекультивируемых минеральных земель показатели плодородия повышаются до уровня, обеспечивающего получение высоких и стабильных урожаев:

– мощность пахотного горизонта – 25–30 см;

– гумус – 2,5–3,0 %;

– pH для супесчаных почв – 5,5–6,2, суглинистых – 6,0–6,8;

– азот – 80–100 мг, подвижные фосфор и калий – 25–30 мг/100 г почвы.

В процессе окультуривания различают три этапа повышения плодородия почвы:

– год сдачи объектов в эксплуатацию;

– период до получения проектной урожайности;

– период постоянной эксплуатации рекультивированных земель.

На первых двух этапах особенно важным является применение интенсивного комплекса мероприятий.

В последующем увеличение урожайности может быть достигнуто только повышением плодородия почв путем проведения научно обоснованной системы приемов по их окультуриванию.

Основными мероприятиями в комплексе работ по окультуриванию почв после рекультивации являются: известкование кислых почв, внесение органических и минеральных удобрений и обработка почвы.

Известкованию подлежат минеральные почвы с pH в КС1 ниже 5,0–5,5. Нормы внесения известковых материалов зависят от pH, гранулометрического состава пахотного горизонта и содержания в почве гумуса. Для известкования используется преимущественно доломитовая мука.

Органические удобрения вносятся в таком количестве, чтобы восстановить почвенное плодородие и создать основу для получения запланированных урожаев сельскохозяйственных культур в этот период. В первые годы после сдачи мелиоративного объекта в эксплуатацию предусматривается ежегодное их внесение в зависимости от естественного плодородия почвы.

В системе удобрений при первичном окультуривании минеральных почв после рекультивации важную роль играют также минеральные удобрения, так как большинство осваиваемых земель содержит незначительное количество элементов питания.

Дозы минеральных удобрений необходимо ежегодно увеличивать примерно на 30 % относительно выноса фосфора и калия урожаем. При достижении же среднего уровня обеспеченности подвижными формами P_2O_5 и K_2O можно ограничиться компенсацией выноса фосфора и калия планируемым урожаем.

На полях с мощностью гумусового слоя менее 15 см предусматривается углубление пахотного горизонта с внесением органических удобрений, допускается замена вспашки с оборотом пласта рыхлением, выполненным плугами без отвалов или дисковыми боронами глубже пахотного горизонта на 3–5 см. Для ликвидации пестроты плодородия после рекультивации используется разноглубинная обработка почвы.

Вопрос 3

Гидротехнические и теплотехнические мероприятия. К водным (гидротехническим) мероприятиям относят осушение, орошение, регулирование сроков затопления поверхностными водами рекультивируемых земель.

К теплотехническим рекультивационным мероприятиям относят: мульчирование, грядование, обогрев, применение утеплителей.

Для повышения эффективности гидротехнических мероприятий при рекультивации земель и снижения ее стоимости в большинстве случаев ее дополняют проведением комплекса агромелиоративных приемов, которые должны способствовать своевременному отводу избыточных вод с нарушенной территории при ее переувлажнении и в то же время по возможности обеспечить накопление влаги в подпахотных слоях для использования ее сельскохозяйственными культурами в засушливые периоды. По своему действию на водный режим нарушенных почв агромелиоративные приемы подразделяют на приведенные ниже группы.

1. Мероприятия, обеспечивающие быстрый отвод избыточной воды по поверхности почвы и частично по пахотному слою. К ним относят устройство ложбин, узкозагонную вспашку, профилирование поверхности почвы, выборочное бороздование, гребневую и грядовую вспашку. Мероприятия этой группы ускоряют просыхание пахотного слоя в ранневесенний период и сокращают период переувлажнения этого слоя после обильных дождей.

2. Мероприятия, которые ускоряют отвод избыточной воды по подпахотному слою. К ним относятся кротование и щелевание.

3. Мероприятия, предназначаемые для увеличения влагоемкости, создания дополнительных запасов продуктивной влаги в подпахотном слое. Это безотвальное рыхление, разуплотнение пахотного слоя, глубокая вспашка. Такие приемы не только способствуют перераспределению влаги по почвенному профилю, но и ускоряют сброс избыточной воды из верхних почвенных слоев.

Эти виды рекультивационных мероприятий выполняются аналогично теории и практике традиционных сельскохозяйственных мелиоративных мероприятий с учетом характера и планируемого использования нарушенных и загрязненных земель.

Лекция №8
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП РЕКУЛЬТИВАЦИИ

1.Основными задачами биологической рекультивации.
2 Лесохозяйственная биологическая рекультивация.
3 Биологическая рекультивация для рыбохозяйственного использования.

Вопрос 1

Основными задачами биологической рекультивации являются:

– возобновление процесса почвообразования;

– повышение самоочищающей способности почвы;

– воспроизводство биоценозов.

Скорость формирования почвенных горизонтов зависит от свойств почвообразующих пород, их водного и теплового режимов, рельефа, природно-климатических условий данного района, от видового состава растительности и т. д.

Скорость почвообразования составляет 2–4 мм/год. Интенсивное накопление гумуса на нарушенных землях наблюдается в период от 5 до 20 лет, далее скорость почвообразования снижается, что обусловливается устойчивостью биогеохимических процессов под определенными сообществами растений.

В результате этих процессов в конкретных природно-климатических зонах формируются молодые почвы, близкие по генезису к зональным, но отличающиеся от современных почв следующими признаками:

– процессом формирования почв (очень длительный);

– нарушенными землями, имеющими другие по генезису почвообразующие породы;

– факторами почвообразования, которые претерпели изменения.

С помощью биологической рекультивации удается сделать следующее:

– ликвидировать ущерб, нанесенный ландшафту, или предотвратить его;

– создать условия для поддержания экологической устойчивости ландшафта;

– закончить формирование культурного ландшафта.

Биологическую рекультивацию проводят специализированные фирмы, имеющие соответствующую лицензию, и те предприятия, которым возвращают земли согласно принятому направлению использования нарушенных земель.

Биологическую рекультивацию осуществляют в два этапа.

На первом этапе выращивают пионерные (предварительные, авангардные) культуры, умеющие адаптироваться в существующих условиях и обладающие высокой восстановительной способностью. На втором этапе переходят к целевому использованию нарушенных земель.

Для разработки эффективных способов биологической рекультивации большое значение имеет изучение процессов эволюции растительного покрова в различных природных зонах и техногенных условиях.

Продолжительность естественного формирования растительного покрова в лесной зоне характеризуется тремя периодами:

– от начала образования нарушенных земель до 5 (6) лет: появляется мозаичный несомкнутый растительный покров, состоящий из растений с широким диапазоном толерантности;

– от 5 (6) до 10 (12) лет: формируется многовидовое сообщество растений (30–50 видов), в котором заметно проявляются зональные черты, складывается многоярусная структура биоценозов;

– от 10 (12) лет и более: начинает преобладать дифференциация видового состава, господство переходит к многолетникам, создается устойчивый растительный покров с выраженной ярусностью, хорошо прослеживается сезонная динамика.

В сложных условиях сроки формирования растительного покрова значительно увеличиваются.

Наиболее эффективный прием биологической рекультивации на нарушенных землях – создание многовидового растительного покрова с участием многолетних трав и устойчивых пород кустарников и деревьев.

При такой многоярусной структуре нарушенные земли хорошо защищены от эрозии и дефляции, а благодаря листовому опаду и корневым системам получают большой прирост органических веществ.

Вопрос 2

Лесохозяйственная биологическая рекультивация. Рекультивацию лесохозяйственного назначения проводят для создания на нарушенных землях лесных насаждений промышленного, защитного, водорегулирующего, водоохранного и рекреационного назначения.

Начинают ее с подбора древесных и кустарниковых растений в соответствии с пригодностью нарушенных земель для биологической рекультивации и исходя из природно-климатических условий.

Например, в лесной зоне для рекультивации отвалов, насыпей, карьерных выемок, создания защитных лесных полос рекомендуют следующие породы деревьев и кустарников: вяз, клен ясенелистный, акацию белую и желтую, тополь черный, дуб красный, смородину золотистую.

В формировании молодых почв при проведении рекультивации для лесохозяйственных целей в качестве пионерных культур используют бобово-злаковые травы, кустарники и некоторые породы деревьев.

Из древесно-кустарниковой растительности наибольшее распространение в качестве пионерных имеют: акация белая, облепиха, акация желтая, смородина золотистая, ива, ольха, тополь, черемуха.

Вопрос 3

***Биологическая рекультивация для рыбохозяйственного использования*.** Выработанные участки торфяных месторождений можно с успехом использовать в прудовом хозяйстве для разведения рыбы, особенно выработки гидравлического и фрезерного способов добычи низинного торфа. Площади выработанных участков торфяных месторождений верхового и переходного типов менее пригодны вследствие низкой биологической продуктивности и кислой реакции среды.

Пруды и водоемы, построенные на выработанных площадях торфяных месторождений, по режиму среды значительно отличаются от водоемов на минеральных грунтах.

При рыбохозяйственном использовании рекультивируемых земель после планировки ложе водоема рыхлят на глубину 5–7 см и вносят
1–3 ц/га перегноя или навоза.

Кислые почвы одновременно известкуют (до pH > 7).

Вода должна быть пригодной для жизни рыб.

Фосфорные и азотные удобрения вносят как по сухому ложу, так и по воде.

Норма минеральных удобрений за сезон составляет: аммиачной селитры – 2–5 ц/га, суперфосфата – 1–2,5 ц/га. Аммиачную воду вносят за 7 дней до затопления пруда.

Лекция №9
БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД.

1.Биологическая рекультивация отвалов вскрышных пород.
2 Биологическая рекультивация техногенно загрязненных земель.
3 Биологическая рекультивация для сельскохозяйственного использования.

Вопрос 1

Биологическая рекультивация отвалов вскрышных пород. Формирование растительного покрова на отвалах вскрышных пород идет очень медленно из-за сложного, изменяющегося во времени рельефа поверхности отвала, бедности горных пород питательными веществами, неустойчивости водного и теплового режимов.

Отвалы и насыпи вскрышных пород быстрее зарастают с северной и северо-западной стороны, поскольку здесь водный и тепловой режимы устойчивы. Южные склоны, испытывающие наибольшие перепады температур и значительную эрозию, покрываются растительностью лишь в нижних частях склона, где накапливается смытый мелкозем.

Способность растения приживаться используют при рекультивации отвалов нетоксичных вскрышных пород без предварительного нанесения почвенного слоя.

Для этого разрабатывают специальную технологию культивирования растений, например:

– выращивание в течение 3–4 лет бобовых трав с запашкой на глубину 25–30 см;

– выращивание злаково-бобовой травосмеси с внесением небольшой дозы минеральных удобрений в течение 3–4 лет с последующей запашкой трав на глубину 20–25 см;

– посев трав (вико-овсяной смеси, донника) с последующей их запашкой.

На землях, где проведение технической рекультивации затруднено или возможно повторное их использование (например, повторное использование отвалов, содержащих породы с малой концентрацией редких металлов), создают растительный покров разбрасыванием дражированных семян травосмесей и кустарников.

Семена растений с учетом их приуроченности к горным породам разбрасывают самолетом ранней весной вместе с небольшими дозами минеральных удобрений.

Биологическая рекультивация техногенно загрязненных земель. На землях, загрязненных техногенными продуктами, главная задача биологической рекультивации заключается в повышении само-очищающей способности почвы. Решить эту задачу можно с помощью совместного функционирования технических и биологических систем, оперирующих широким набором мероприятий, в том числе с использованием специально выращенных микроорганизмов.

Земли, загрязненные тяжелыми металлами, органическими веществами или продуктами промышленной переработки, на первом этапе очищают с помощью сорбентов, растений или микроорганизмов (био-деструкторов), а затем включают в хозяйственное использование под наблюдением агрохимических и санитарно-эпидемиологических служб.

Рекультивация (очистка) почв от техногенных продуктов с помощью микроорганизмов основана на деструктировании (разложении) этих продуктов в течение регламентированного времени.

На практике этот способ применяют для очистки почв, загрязненных нефтепродуктами, пестицидами и другими веществами, содержащими углеводороды.

Разрабатываются штаммы бактерий-деструкторов, устойчивые к мышьяку и тяжелым металлам. Эти бактерии способны к очистке почв в условиях смешанного загрязнения.

Технология биодеструктирования включает создание благоприятных водно-воздушных, тепловых и питательных условий для микроорганизмов и регулярный контроль численности применяемой популяции. Поэтому эффективность такого вида рекультивации зависит от управляемости регулирующих факторов и качества.

Для создания растительного покрова на землях, загрязненных химическими веществами, необходимо учитывать видовой состав растений, приуроченный к таким землям (табл. 3.4).

Таблица 4. **Видовой состав растений на землях, загрязненных химическими веществами**

Элемент	Видовой состав растений

Медь, железо	Шиповник
Цинк	Фиалка, ярутка
Цинк, свинец, кадмий	Горец большой
Никель	Гречиха

Биологическая рекультивация для сельскохозяйственного использования. Из всех направлений использования рекультивируемых земель в народном хозяйстве сельскохозяйственная рекультивация является самой сложной, так как большинство сельскохозяйственных культур предъявляют повышенные требования к поверхностному слою почвы, поэтому принципиальное значение для оценки возможности биологической рекультивации для сельскохозяйственного использования имеет состав и свойства верхнего слоя рекультивируемых земель.

Если нарушенные земли предназначены для сельскохозяйственного использования, то общий состав работ биологической рекультивации может быть следующим:

– планировка поверхности земли и нанесение на нее почвенного слоя, особенно на субстраты, содержащие малопригодные породы
(заключительные работы технической рекультивации);

– выращивание пионерных культур (однолетних или многолетних) для активизации процессов почвообразования;

– введение специальных севооборотов для восстановления и формирования почвенного слоя;

– применение приемов почвозащитного земледелия для повышения плодородия почвы и ее устойчивости против водной эрозии и дефляции;

– мониторинг почв природоохранными и санитарно-эпидемиологи-ческими службами.

В проекте биологической рекультивации карьеров для сельскохозяйственного использования определяют период их освоения; состав, чередование и нормы высева предварительных культур; нормы и периодичность внесения удобрений, извести.

Определяют агротехнику обработки почвы, возделывания и уборки сельскохозяйственных культур.

Рассчитывают потребность в удобрениях, извести, семенах и разрабатывают сметную документацию.

Предусматривают продолжительность биологической рекультивации карьеров нерудных материалов при их дальнейшем использовании в сельском хозяйстве:

– с нанесенным плодородным слоем – 4–6 лет;

– на землях, сложенных потенциально плодородными породами, без нанесенного плодородного слоя почвы – 8–10 лет;

– на малопродуктивных угодьях с нанесенным плодородным слоем почвы – 2–3 года.

Для восстановления плодородия рекультивируемых земель используют следующие предварительные культуры: клевер, люцерну, донник, люпин и др.

Зерновые высевают после 3–4-летнего возделывания злаково-бобовых травосмесей, а пропашные культуры в период биологической рекультивации не выращивают в связи с опасностью эрозии почв.

Зеленую массу можно запахивать на второй год освоения площадей. В первые годы биологической рекультивации вносят 60 т/га навоза, $N_{90}P_{60}K_{150}$, норму извести устанавливают в зависимости от pH, а семян многолетних трав высевают в 1,5 раза больше, чем на обычных почвах.

Лекция №10
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ.

1.Рекультивация выработанных торфяников.
2 Рекультивация земель, нарушенных при строительстве линейных сооружений.
3 Рекультивация и обустройство свалок и полигонов хранения твердых отходов.

Вопрос 1

В Беларуси ежегодно значительные площади нарушаются в результате добычи торфа. К примеру, Докшицкий торфоперерабатывающий завод выпускает свыше 50 наименований торфяных питательных грунтов для самых различных видов растений и поставляет их в 20 стран мира (Турция, Германия, Болгария, Ирак и др.). При этом общая площадь добычи торфа составила в 2015 г. 730 га с запасами торфа 2,9 млн. т. Ежегодно завод производит примерно 40 тыс. т торфопродукции и 7 тыс. т топливного кускового торфа, который по калорийности выше, чем березовые дрова. Доля экспорта в общей структуре производства составляет свыше 72 %, рентабельность – 17 %.

В составе выработанных площадей преобладают низинные торфяники с остаточным слоем торфа в 50 см и зольностью до 20 %.

Подавляющее большинство из них подстилается песком с различной крупностью и мощностью залегания. После фрезерной добычи торфа остаются слабоволнистые поля с остаточным слоем торфа и сетью открытых каналов.

Остаточный слой торфа содержит вредные для растений химические соединения, малополезные микроорганизмы, имеет низкое содержание подвижных форм калия и фосфора, биологические процессы на нем протекают слабо. Он может быть бесплодным из-за отсутствия форм азота, достаточных для растений.

Задача рекультивации торфяных земель – превратить остаточный слой торфа в плодородную почву.

После фрезерной добычи торфа остаются карты шириной 500 м и шириной до 3 км, что соответствует расстоянию между валовыми каналами их длине.

Поверхность этих карт ровная, превышения над общей поверхностью карт наблюдаются в местах складирования торфа вдоль валовых каналов от 0,5 до 2 м и вдоль картовых каналов – на 0,2–0,3 м.

Мощность оставшегося слоя торфа после фрезерования должна быть не менее 1 м, в то же время, вопреки существующим требованиям, встречаются участки с обнаженным минеральным дном.

Площади торфяных болот, недавно вышедших из разработок, имеют редкую растительность, на полях давней выработки формируется многоярусный растительный покров с кустарником и мелколесьем.

Устойчивый растительный покров с многолетниками в основном приурочен к бровкам каналов, местам складирования торфа и к участкам с благоприятным водным режимом.

Из всех элементов осушительной сети в удовлетворительном состоянии остаются лишь транспортирующие каналы, регулирующая сеть разрушена полностью.

При экскаваторной разработке остаются траншейные карьеры глубиной 0,5–0,4 м, шириной от 4 до 10 м, длиной до 2 км.

Эти траншеи ограничены продольными и поперечными перемычками, заполнены водой. Ширина перемычек составляет 0,5–4,0 м. На перемычках лежат пни и остатки погребенной древесины. Давние карьеры покрыты многоярусной растительностью.

Работы по технической рекультивации выработанных торфяников следующие:

– предварительное мелиоративное обустройство, включающее предварительное осушение и выравнивание поверхности выработанного месторождения;

– строительство новой или реконструкция существующей осушительной сети;

– культуртехнические работы с набором различных структурных и проективных способов (планировки, известкования, землевания и др.).

Использование выработанных торфяников. При сельскохозяйственном направлении рекультивации используют в первую очередь выработанные торфяники с остаточным слоем низинного торфа более 0,5 м.

Если же сельскохозяйственное использование участка нецелесообразно из-за больших затрат, то при остаточном слое торфа на нем более 0,3 м этот участок отводят под лесонасаждения, а менее 0,15 м под водоемы (табл. 4.1).

Предварительное мелиоративное обустройство территории – это прежде всего мероприятия, относящиеся к карьерам экскаваторной добычи, поскольку вышедшие после фрезерной разработки торфяные поля ровные и не имеют глубоких выемок.

Предварительное обустройство включает строительство временной водоотводной сети для сброса воды из замкнутых траншейных выемок и выравнивание поверхности карьера для ликвидации перемычек.

При проектировании мелиоративной системы на выработанных торфяниках стараются использовать отдельные элементы или части существующих сооружений, находящихся в удовлетворительном состоянии.

Линии и насыпи железных узкоколейных дорог, предназначенных для вывоза торфа, разбирают.

На фрезерных полях проводящую и ограждающую сети, работающие исправно, реконструируют для последующего использования (рис. 1). Все разрушенные картовые каналы и непригодные к эксплуатации проводящие каналы засыпают грунтом из кавальеров и подштабельных полос (мест складирования торфа).

Таблица 1. **Основные направления использования выработанных торфяников**

Категория использования	Геоморфологические условия залегания	Направление использования после выработки торфа, %
Сельскохозяйственная	На склонах надпойменных террас, в староречьях	Сельскохозяйственные угодья – 80–90, водохранилища – 5–15, лесозащитные насаждения – 5–15
Водохозяйственная	В бессточных котловинах, поймах рек и обвалованных поймах	Водохранилища – 80–90, лесонасаждения – 5–15, сельскохозяйственные угодья – 5–15
Лесохозяйственная	В неглубоких междуречных впадинах ложбинного характера, подстилаемых озерными глинами	Лесонасаждения – 80–90, водохранилища – 5–15, сельскохозяйственные угодья – 5–15

Для регулирования водного режима и снижения опасности возникновения пожаров на осушаемых торфяниках проектируют увлажнение с помощью шлюзования или дождевания.

Культуртехнические работы проводят по типовым схемам, в которые можно включать известкование и землевание торфяных почв.

Биологическая рекультивация выработанных торфяников при использовании земель в сельскохозяйственных целях направлена на активизацию микробиологических процессов и регулирование скорости минерализации органического вещества.

Для этого применяют совершенную агротехнику и сбалансированное органическое и минеральное питание.

Продолжительность биологической рекультивации зависит от мощности и свойств оставшегося после разработки слоя торфа, а также от продуктивности выращиваемых культур.

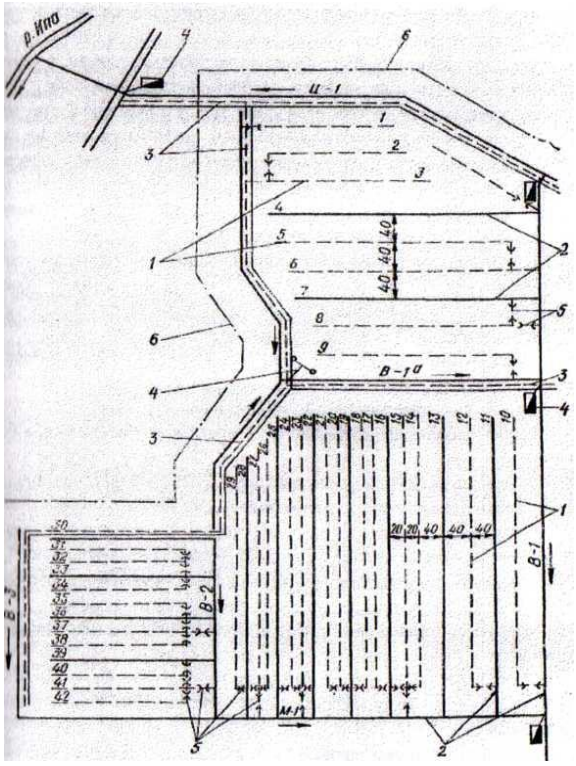

Рис. 1. Схема переустройства осушительной сети и сооружений на фрезерных полях [10]:
1 – картовый канал, подлежащий засыпке; *2* – осушительная сеть, подлежащая углублению и прочистке; *3* – эксплуатационная дорога; *4* – гидротехнические сооружения; *5* – сооружение, подлежащее разборке;
6 – граница противопожарной зоны

Ориентировочно этот период составляет:

– 1 год – для низинных болот с высокой степенью разложения торфа и мощностью слоя его более 0,5 м;

– 2 года – при мощности слоя торфа 0,3–0,5 м;

– 2 года – при средней степени разложения и мощности слоя более 0,5 м;

– 3 года – при слабой степени разложения торфа;

– 3 года – для верховых и переходных болот.

В качестве предварительных культур используют однолетние травы на зеленые удобрения, семена, зеленый корм, сено и травяную муку.

Наибольшей эффективности в период биологической рекультивации достигают при выращивании культур в следующем порядке:

– первый год: травосмесь вико-овсяная, горохо-овсяная, люпино-овсяная;

– второй год: люпин на зеленый корм, райграс однолетний на зеленый корм, овес на зеленый корм, ячмень на зерно, рожь + вика озимая на зеленый корм;

– третий год: зерновые яровые (овес, ячмень) на зерно, рожь озимая на зерно, люпин на зеленый корм.

При выборе культур следует учитывать, что озимые выращивают только на незатопляемых в половодье участках. Способ обработки торфяной почвы зависит от засоренности остатками древесно-кустарниковой растительности и мощности оставшегося слоя торфа.

Последний год биологической рекультивации заканчивают планировкой торфяной поверхности.

Лесохозяйственную рекультивацию торфяников проводят также после проведения мелиоративного обустройства территории и создания условий для выращивания лесных культур.

При лесоразведении используют районированные породы деревьев, пионерные культуры предварительно не высаживают.

Отопленные карьеры можно использовать для регулирования поверхностного стока, в качестве источников орошения, рыбоводных предприятий, зон отдыха, звероводческих хозяйств и охотничьих угодий.

Освоение рекультивируемых торфяников. Известкованию подлежат все выработанные торфяники с pH менее 5,5. На сильнокислых участках известь вносят с интервалом в 2 года. Нормы внесения известковых удобрений дифференцируют в зависимости от обменной и гидролитической кислотности и корректируют с учетом объемной массы пахотного слоя (табл. 2).

На выработанных торфяниках с мощностью остаточного слоя торфа более 50 см окультуривание почв и рост урожайности сельскохозяйственных культур обуславливаются применением минеральных удобрений (табл. 3).

Таблица 2. **Средние дозы извести, обеспечивающие нейтрализацию кислотности слоя торфа 0–25 см**

pH в KCl торфяного горизонта	$CaCO_3$, т/га
3,00–3,30	14
3,31–3,70	12
3,71–4,10	10
4,11–4,40	8
4,41–4,60	6
4,61–4,90	5
4,91–5,50	3

Таблица 3. **Дозы внесения минеральных удобрений под предварительные культуры**

Культуры	NPK, кг/га д. в.		
	N	P_2O_5	K_2O
Бобово-овсяная смесь	50–60	80–100	120–140
Люпин на зеленый корм	30	70-90	100–120
Участок со слаборазложившимся торфом низинных болот			
Бобово-злаковая смесь	60–70	90–100	110–130
Картофель	80–00	90–100	180–200
Люпин на зеленый корм	30	100–110	110–120
Яровые зерновые	60–80	90–100	100–120
Озимая рожь на зеленый корм	60–80	90–100	90–100
Минеральные выклинивания			
Бобово-овсяная смесь	40–50	60–80	130–140
Люпино-виковая смесь	30–40	60–80	100–120
Картофель	100–120	90–100	150–170
Люпин на зеленый корм	40–45	110–120	100–120
Яровые зерновые	80–90	80–100	100–110
Озимая рожь на зеленый корм	80–90	70–90	110–120

При меньшей мощности остаточного слоя торфа, а также на участке с неоднородным почвенным покровом целесообразны органические удобрения (табл. 4).

Целесообразность осуществления мероприятий по освоению выработанных торфяных месторождений и сельскохозяйственного их использования устанавливают на основе определения общей (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений в мелиорацию и освоение земель и экологического обоснования, причем на равных условиях предпочтение отдают сельскохозяйственному производству как наиболее эффективному способу возврата инвестиций.

Таблица 4. **Нормы органических удобрений для низинной залежи**

Мощность остаточного слоя, см	Нормы органических удобрений, т/га	Внесение удобрений, лет
30–50	15–20	1
20–30	20–30	1
10–20	30–40	2
0–10	40–60	2

Вопрос 2

Карьерные выемки и отвалы образуются при добыче строительных материалов и полезных ископаемых открытым способом (рис. 2).

Вскрышные породы, выносимые на поверхность земли и складируемые в виде насыпи, называют внешними отвалами, а вскрышные породы, отсыпаемые внутри карьера, – внутренними отвалами.

Глубина карьерных выемок определяется мощностью, расположением глубины залегания пласта добываемого материала. Высоту отвалов регламентируют проектами разработки месторождения и рекультивации нарушенных земель.

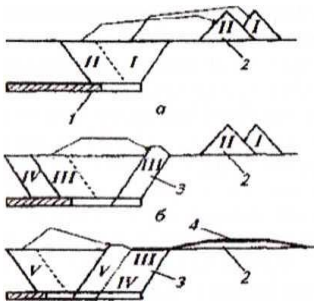

Рис. 2. Схема разработки горизонтального месторождения и рекультивации отвалов: *а, б* – складирование вскрышной породы во внешние и внутренние отвалы; *в* – рекультивация отвалов;

1 – разрабатываемый пласт; *2, 3* – внешний и внутренний отвалы; *4* – рекультивируемые участки;

I–V – этапы разработки вскрышных пород и месторождения

Поскольку полезные ископаемые добывают в течение длительного времени, то рекультивацию горных выработок и отвалов включают в технологическую схему разработки месторождения и осуществляют постоянно, по мере сработки пласта.

Основными работами, проводимыми при создании рекультивационной поверхности отвалов, являются планировка и землевание.

Последнее выполняют снятым почвенным слоем или потенциально плодородными породами.

Землевание поверхности откосов скальных отвалов осуществляют с помощью грунтомета, способного выбрасывать фрезерованный грунт на расстояние до 35 м.

Для создания на рекультивационной поверхности отвала растительного покрова используют гидропосев многолетних трав. Рабочая смесь при этом может включать воду, почву, опилки, семена, небольшие дозы минеральных удобрений, пленкообразующие материалы.

Озеленение поверхности отвалов с помощью многолетних трав и древесно-кустарниковой растительности, подобранных для конкретных условий, ослабляет эрозионные процессы, повышает устойчивость откосов и ускоряет образование многоярусных сообществ биоты.

По пригодности проведения биологической рекультивации без предварительного земледевания вскрышные породы объединены в группы:

– непригодные по химическому составу породы, содержащие сульфиды и токсичные соли более 2 %, имеющие pH менее 3,5;

– непригодные по физическим свойствам – трудно выветриваемые, скальные и полускальные породы;

– малопригодные по химическому составу, имеющие pH 3,5–5,5 и сумму легкорастворимых солей 1–2 %;

– малопригодные по физическому и химическому составу – сильно уплотненные, сцементированные породы;

– потенциально плодородные породы – подпочвенные горизонты зональных почв.

При добыче полезных ископаемых в зонах избыточного переувлажнения рекультивационные поверхности формируются одновременно с созданием благоприятного гидрологического и гидрогеологического режимов внутренних отвалов (рис. 4.3).

Поверхность отвалов планируют с уклонами, необходимыми для организации поверхностного стока, а при наличии близких грунтовых вод – для строительства открытой осушительной сети.

Конструкцию осушительной сети принимают в зависимости от направления использования нарушенных земель.

Рекультивацию гидроотвалов начинают на 6–8-й год после окончания их намыва. За этот период они стабилизируются, подсыхают и частично покрываются растительностью.

Хвостохранилища. Гидроотвалы, образованные из отходов обогащения руд на обогатительных фабриках, называют *хвостохранилищами*.

Отвалы отходов зарастают очень медленно из-за сильной эрозии, высокой токсичности и недостатка влаги.

Поэтому хвостохранилища преимущественно используют в санитарно-эстетических целях и лишь при наличии резерва почвенного слоя – в лесохозяйственных и сельскохозяйственных целях.

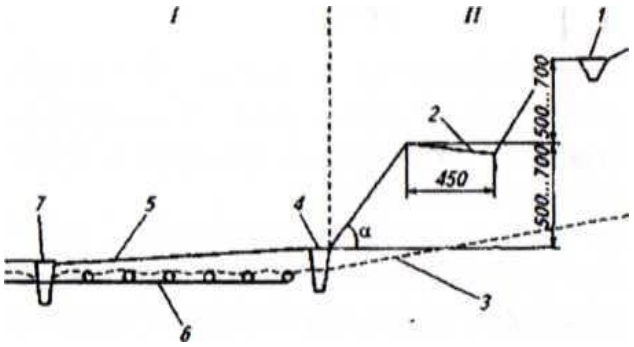

Рис. 3. Схема рекультивации глубокого карьера:
I – посев трав на дне карьера; II – посадка кустарников;
1 – нагорный канал; *2* – терраса, *3* – уровень грунтовых вод;
4 – ловчий канал; *5* – дно карьера; *6* – коллектор с дренами;
7 – магистральный канал; α – угол наклона откоса

Основные работы технической рекультивации – планировка, экранирование, землевание, противоэрозионные мероприятия, регулирование водного режима, очистка дренажных вод. Биологическая рекультивации включает стимулирование дикорастущей растительности, посев многолетних трав и посадку древесно-кустарниковой растительности.

Золоотвалы. Образуются в результате гидроскладирования отходов от сжигания каменного угля в тепловых электростанциях. Они подобны хвостохранилищам.

Эти отходы также сложны по химическому составу и не всегда имеют благоприятный водный режим для естественного зарастания.

Схемы рекультивации золоотвалов аналогичны рекультивации хвостохранилищ. Однако следует учитывать химический состав золы, местные природно-климатические условия и последующее их использование для производства строительных изделий, материалов, удобрений и т. д.

Для отвалов, содержащих токсичные соли, можно рекомендовать следующую схему рекультивации.

На поверхность отвала наносят нейтрализующий слой извести дозой 10 т/га. Затем создают глинистый экран толщиной 15 см и дренирующий песчаный слой толщиной 30 см. После этого наносят
60-сантиметровый слой супесчаных или суглинистых грунтов в качестве почвообразующей породы и почвенный слой толщиной 20–30 см для посева сельскохозяйственных культур или 50 см для древесных растений.

Использование отвалов в строительных целях определяется сроком их отсыпки (намыва):

– на глинистых грунтах строительство начинают через 5–10 лет;

– песчаных грунтах – через 2–5 лет;

– на отвалах обогатительных фабрик – через 2–10 лет.

При отсыпке отвалов без технологического уплотнения строительные работы можно начинать через 5 лет.

В отличие от отвалов вскрышных пород рекультивацию карьерных выемок проводят не только в лесохозяйственных и сельскохозяйственных целях, но и в водохозяйственных, рыбохозяйственных и рекреационных.

Это в первую очередь карьеры строительных материалов или другие отработанные месторождения, не имеющие токсичных пород.

Карьеры – это не естественное образование, а сознательное вмешательство человека в целостность природы. Эти земли выведены из сельскохозяйственного оборота и по разным причинам не были надлежащим образом восстановлены, поэтому стали источником повышенной экологической опасности, они попросту используются как свалки бытовых и строительных отходов.

Карьерные выемки после выработки ископаемых пород могут быть:

– сухими;

– переувлажненными;

– затопленными водой.

Обводненность карьера обязательно учитывают при выборе направления рекультивации.

Лесохозяйственное использование карьера возможно в следующих случаях:

– при наличии резерва почвы (содержание гумуса более 1 %) для землевания;

– когда дно карьера сложено из потенциально плодородных пород;

– грунтовые воды нетоксичны, незасолены и находятся на глубине более 0,6 м, если выше – необходимо осушение;

– карьер расположен далеко от населенного пункта.

Использовать карьер для рекреационных целей, например, водоем для спортивного рыболовства и купания, можно в следующих случаях:

– если вода в карьере отвечает рыбохозяйственным и санитарно- гигиеническим нормам;

– площадь водоема более 15 га (наименьшая площадь для купания 5 га, для рыболовства – 10 га);

– есть возможность создания глубины воды для купания более 2 м, для рыборазведения и рыболовства – 0,5–2 м;

– удовлетворены требования воспроизводства рыбы (площадь водоема глубиной 0,15–0,5 м должна составлять 20 %, а глубиной
0,5–2 м – 50 %);

– удаленность карьера от населенного пункта не влияет на данное направление использования.

Вопрос 3

К линейным сооружениям относятся дороги, трубопроводы, каналы, подземные кабельные линии и т. п.

Полоса земли, отводимой во временное пользование при строительстве автомобильных дорог, в среднем составляет 1,5–2 га на 1 км дороги.

Ширина полосы земель, отводимых во временное пользование под строительство магистральных трубопроводов, изменяется от 20 до 46 м. При строительстве одной нитки водовода или канализационного коллектора отводится от 20 до 70 м. В эти нормативы не входят участки земель, занятых под временные подъездные дороги и сооружения. В целом общая площадь нарушенных земель получается гораздо большей, чем отводимая под строительство.

Рекультивация нарушенных земель при строительстве линейных сооружений имеет некоторые особенности, связанные с подвижным характером работ.

Поэтому ее необходимо включать в технологическую схему производства основных работ, особенно ту часть, которая относится к технической рекультивации.

Основной состав рекультивационных работ при строительстве линейных сооружений следующий (рис. 4.4):

– ликвидация временных сооружений и уборка территории в пределах строительной зоны;

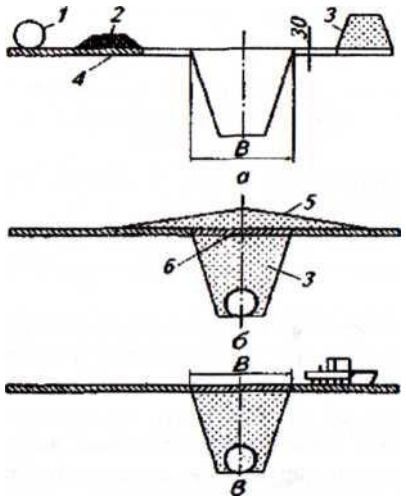

Рис. 4. Схема строительства трубопровода и рекультивации нарушенных земель: *а* – разработка почвы и вскрышных пород; *б* – засыпка траншеи, возвращение почвенного слоя, отсыпка валика; *в* – смешивание пород; *1* – труба; *2* – резерв почвенного слоя;

3 – вскрышные породы; *4* – почвенный слой; *5* – валик;
6 – возвращенный почвенный слой; *В* – зона смешивания пород

– засыпка траншей подземных коммуникаций по схеме строительства;

– распределение оставшихся вскрышных пород по поверхности;

– создание проектной поверхности, включая планировку и обустройство насыпей и выемок;

– выполнение противоэрозионных мероприятий, строительство сооружений;

– землевание ранее снятым почвенным слоем, торфование, внесение органических удобрений или органоминеральных смесей;

– посев семян зональных дикорастущих или культурных растений.

Рекультивация земель при строительстве и эксплуатации каналов включает:

сохранение снятого почвенного слоя по фронту работ; проведение противоэрозионных мероприятий;

разравнивание отвалов (кавальеров) грунта по месту работ или их использование для планировки на прилегающих территориях;

возвращение предварительно снятого почвенного слоя на участки планировки и восстановление поверхности земли до проектных отметок;

ремонт и обустройство дорожной сети, разрушенной в ходе строительных работ;

восстановление пахотного слоя, а также травяного покрова, если земли используются под сенокосы или пастбища.

Вопрос 4

Развитие человеческой цивилизации сопровождается ростом масс техногенных, промышленных и бытовых отходов.

По подсчетам специалистов, ежегодно накапливается 260–280 кг на одного человека твердых бытовых отходов, объем промышленных отходов в три раза больше.

Отходы и свалки мусора стали крупным загрязнителем ландшафта, включая поверхностные и подземные воды.

Многие твердые отходы (пластмассы, стекло и др.) не разлагаются в течение многих десятилетий, что вызывает постоянный рост площади полигонов и ухудшение экологического состояния пригородов.

Отходы, образующиеся в жилищном, промышленном, сельскохозяйственном и других секторах хозяйственной деятельности, подлежат утилизации (переработке, захоронению, сжиганию, компостированию и обезвреживанию) на специализированных предприятиях и полигонах.

Для обезвреживания и утилизации твердых отходов предложено более 20 методов. Вместе с тем проблема борьбы с мусором во всех странах, особенно развитых, далека от решения.

Наиболее распространена технология складирования отходов на полигонах, ею обезвреживается в разных странах до 14–100 % мусора.

Место для размещения полигонов выбирают с учетом следующих условий:

– исключение или минимизация влияния отрицательных последствий на прилегающие территории (агроценозы, лесные насаждения, поверхностные и подземные воды);

– возможность создания техногенного рельефа, гармонично вписывающегося в природный ландшафт.

При выборе места для полигона предпочтение отдают землям несельскохозяйственного назначения.

Полигоны располагают недалеко от городов (поселков, промышленных производств), поскольку далеко вывозить мусор экономически невыгодно.

Свалки должны быть изолированы от поверхностных и подземных вод, что обеспечивается обвалованием их по периметру дамбами из глины с противофильтрационным ядром и созданием противофильтрационных завес (экранов) из экологически безопасных глин.

Защитные экраны создают методом «стена в грунте». Для отвода дождевых и талых вод со свалки устраивают каналы с очисткой воды до сброса ее в реки.

Рекультивацией и обустройством полигонов отходов занимаются организации, входящие в систему обращения с отходами и эксплуатирующие данные полигоны.

Работы выполняют в соответствии с проектом, разработанным и согласованным на стадии открытия полигона.

Наиболее распространенными методами обработки и захоронения бытовых отходов являются следующие.

Закрытые свалки – метод, позволяющий обрабатывать большие объемы бытовых отходов (БО) при относительно малом воздействии на окружающую среду.

При этом методе исключаются горение и пожары, однако отсутствует утилизация продуктов БО.

Открытые свалки – неконтролируемый сброс отходов, без уплотнения, изоляции, чаще всего «диким» способом.

Самый неэффективный, но вместе с тем самый распространенный метод.

Нередко отходами завалены все обочины проезжих дорог, поселков, опушки лесов, поляны и овраги.

Организованные полигоны отходов – это более современный метод захоронения отходов, но рассчитан на длительное отторжение площадей, поэтому его нельзя признать перспективным.

Данный метод совмещает достоинства закрытой свалки. Однако при этом утилизируется так называемый биогаз – метан (55–60 %), образующийся в теле полигона вследствие анаэробной биодеструкции органических веществ.

С каждой тонны бытовых отходов образуется до 200 м^3 газа, отводимого системой горизонтальных дырчатых труб в газгольдер и затем используемого в топливных или энергетических установках.

Открытая в ноябре 2012 г. самая мощная в Беларуси биогазовая установка немецкого производства в СПК «Рассвет» Кировского района позволяет сократить потребление дорогостоящего природного газа на 6 млн. м^3 ежегодно и обеспечивает электроэнергией в 4,8 МВт весь район. За 3 года в Беларуси планируется построить 25 таких биогазовых установок.

В последние годы широкое распространение получил *метод сжигания мусора.* В некоторых странах путем сжигания утилизируется до 70 % твердых отходов.

Сжигание мусора – далеко не безобидный метод, так как мусоросжигающие заводы не обеспечивают защиту окружающей среды.

Образующийся при сжигании мусора ядовитый газ диоксин загрязняет воздушный бассейн в радиусе до 30 км.

Перспективно применение *вторичной переработки отходов.*

Заслуживает внимания опыт организации переработки отходов г. Токио (Япония), где создана широкая сеть пунктов сбора и сортировки использованной упаковки, на улицах установлены цветные контейнеры для раздельного сбора пластмасс, прозрачного и темного стекла и т. п. В Республике Беларусь также налаживается переработка отходов пластмасс в Могилеве, Гродно и других городах.

Прессование – это разделение отходов на твердые и жидкие компоненты с последующей их переработкой под давлением 80 МПа.

Получаемые при таких параметрах обработки твердые отходы имеют объемную массу около 1000 кг/м^3 и могут найти применение в строительстве.

Пиролиз – это обезвреживание отходов, которое происходит в условиях дефицита кислорода и при температуре 600–800 ºС, что приводит к термическому разложению отходов и их обезвреживанию.

Этот метод привлекателен в случае использования образующегося тепла для выработки тепловой или электрической энергии, а также для защиты атмосферы от газов и твердых выбросов.

Компостирование – это биохимический процесс обезвреживания отходов.

Его достоинства заключаются в наиболее сокращенном сроке
(до 6 сут) переработки отходов и получении биотоплива и компоста, используемого в качестве удобрения в сельском хозяйстве.

Технологический процесс осуществляется во вращающихся барабанах диаметром 3–3,5 м и длиной 20 м и требует соблюдения режимных параметров:

– температуры;

– влажности;

– длительности перемешивания;

– сушки.

Методы полевого компостирования твердых бытовых отходов целесообразно применять в городах с населением до 500 тыс. чел. как наиболее простой и дешевый способ обезвреживания и переработки отходов.

Сооружение и оборудование полевого компостирования должны обеспечить прием и предварительное дробление отходов, биотермическое обезвреживание и окончательную обработку компоста.

Отходы разгружают в приемный бункер или на ровную площадку. Затем бульдозером или грейдерным краном формируют штабеля, в которых происходят процессы аэробного биотермического компостирования.

Для повышения активности биотермического процесса наряду с перелопачиванием и принудительной аэрацией производят увлажнение материала. Зрелый компост перед отправкой потребителю направляют на грохот, где его очищают от крупных фракций. Из отходов и компоста электромагнитным сепаратором извлекают металлолом.

При строительстве заводов механизированной переработки ТБО одним из экономических показателей является наличие гарантированных потребителей компоста (органического удобрения или топлива) в радиусе до 20 км, при строительстве завода по сжиганию ТБО с утилизацией тепловой энергии – гарантированное (круглосуточное и круглогодичное) потребление тепловой энергии.

Рекультивация полигона с осуществлением инженерно-биологических мероприятий включает очистку прилегающих к полигону территорий, засыпку глинистым грунтом, уплотнение и гидроизоляцию поверхности свалочных грунтов, посадку древесно-кустарниковых растений, посев трав, ассортимент которых подбирается с учетом плодородия и токсичности грунтов.

Продолжительность рекультивационного периода полигонов отходов зависит от направления использования и времени стабилизации тела отвалов:

– для посева многолетних трав и создания пашни этот период составляет 1–3 года;

– посадки декоративных деревьев и кустарников – 2–3 года;

– создания садов – 10–15 лет.

Органическую составляющую отходов жилищно-коммунального сектора, образующуюся после сортировки бытовых отходов (до 70 % ТБО), древесно-растительные остатки (обрезка, сведение деревьев и кустарников) и незагрязненные потенциально плодородные грунты целесообразно направлять на производство *компоста* с последующим его использованием при благоустройстве и озеленении городских территорий или для рекультивации полигонов отходов.

В качестве примера рассмотрим схему организации и рекультивации складируемых отходов, состоящих из мусора и древесно-растительных остатков.

Отсыпку отходов ведут послойно без покрытия поверхности экранирующим грунтом или почвой. Это обеспечивает интенсивное разложение растительных остатков и выделение метана и других химических веществ, препятствующих биогеохимическим процессам.

Откосы делают эрозионно устойчивыми, покрывают их субстратом из мусора, мелких растительных остатков, грунтов и почвы, засевают травосмесями.

Для организации отвода поверхностной воды на уступах (террасах) создают сеть неглубоких каналов.

Фильтрационные воды с помощью дренажной сети отводят на очистные сооружения или на биологические пруды очистки (рис. 5).

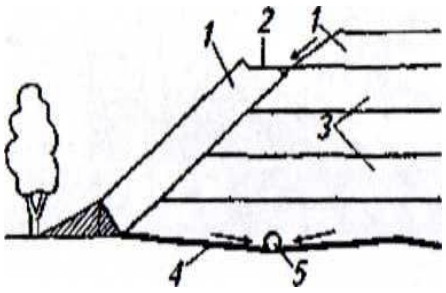

Рис. 5. Организация и рекультивация полигона твердых отходов: *1* – слой субстрата из измельченных отходов и почвы; *2* – уступ для сбора воды; *3* – послойная укладка отходов; *4* – экранирующий слой; *5* – дренаж

Рекультивация и утилизация на полигонах хранения твердых, особенно токсичных, отходов (пестициды, пришедшие в негодность и запрещенные к применению; отходы нефтепереработки и нефтехимии; использованные органические растворители; отходы, содержащие свинец, цинк, кадмий, никель, сурьму, висмут, кобальт и их соединения и др.) является приоритетной задачей Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

В 70–80-е гг. прошлого века в Республике было построено большое количество животноводческих комплексов с гидравлической системой навозоудаления. Это привело к тому, что появился еще один источник загрязнения окружающей среды, так как концентрация большого количества животных на ограниченной площади и использование значительных объемов воды для уборки помещений ферм и комплексов способствовали образованию колоссальных объемов животноводческих стоков, требующих очистки и утилизации.

Поэтому была предложена технология очистки стоков животноводческих комплексов, которая решала ряд сопутствующих задач. Например, получение органического удобрения (компоста). При этом, параллельно с очисткой стоков создаются предпосылки для повышения плодородия почвы. Это, как указывалось выше, способствует не только повышению урожайности сельскохозяйственных культур, но и повышению качества продукции, в том числе и в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами.

Рекомендуемая технология заключается в следующем.

Вдоль спланированного склона или под углом к горизонталям в подпахотном слое выполняют кротовины (рис. 6, *а*). Поперек склона полосами укладывают последовательно солому, торф, песок. Затем производят нарезку борозд поперек уклона склона (рис. 6, *б*). Борозды нарезают с нижней по уклону стороны полос так, чтобы над полосами образовались валики из пахотного слоя почвы, вынутого из борозд. при образовании валиков пахотный слой

почвы не должен засыпать верхнюю по уклону часть полосы. Это достигается подбором ширины полосы и глубиной вспашки при устройстве борозд.

По боковым и нижней границам чека укладывают слой соломы (или растительных остатков). После этого устраивают отводящие каналы, причем почву, вынутую при их устройстве, используют для образования дамб обвалования. При этом вынутая из отводящей канавы почва, образующая дамбу обвалования, также не должна засыпать край ленты соломы, находящейся внутри чека.

В верхней по уклону части чека укладывают подающий трубопровод с водовыпусками. Через трубопровод на верхнюю часть чека подают неосветленные животноводческие стоки. Они растекаются по поверхности чека и фильтруются через ленту из соломы, торфа и песка и частично через почву валиков. При этом не засыпанный почвой валиков верхний по уклону край ленты облегчает процесс фильтрации. По мере кольматации ленты и валиков подаваемые на чек стоки будут переливаться через закольматировавшийся валик и процесс будет продолжаться на следующем по уклону валике. Следует отметить, что закольматировавшийся валик и борозда образуют микролиман, в котором будет выпадать осадок.

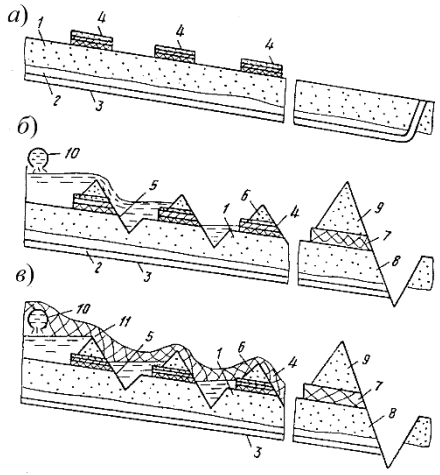

Рис. 6. Способ приготовления органического удобрения [9]:
1 – поверхность склона; *2* – подпахотный слой; *3* – кротовины; *4* – полосы из уложенных последовательно соломы торфа и песка; *5* – борозды; *6* – валики; *7* – слой соломы; *8* – ограждающая канава; *9* – дамба обвалования; *10* – подающий трубопровод; *11* – слой соломы, укладываемый в зимний период

После кольматации всех борозд и валиков полив прекращают.

Через кротовины и слой водопроницаемого материала основания дамб обвалования избыток влаги (осветленная фракция стоков) вытекает в отводящие каналы и далее в хранилище, из которого используется на орошение или поступает на дополнительную очистку.

После снижения влажности твердой фракции стоков на чеке и материала закольматировавшихся валиков до оптимальных пределов, валики вместе с выпавшей в осадок твердой фракцией стоков и активного ила сгребают в бурты, которые выдерживают сроком, достаточным для биотермического обеззараживания и компостирования. После этого полученный компост вносят на поле.

При необходимости производят подсыпку пахотного слоя почвы и процесс повторяют.

Способ можно реализовать и в зимнее время. Для этого поверх валиков и борозд укладывают слой соломы, а стоки и активный ил подают под этот слой (см. рис. 4.6). При этом слой соломы всплывает на поверхности жидкости, подаваемой на чек, и предохраняет от промерзания валики и ленту.

Способ рекомендуется выполнять на участках со слабоводопроницаемым подпахотным слоем при глубоком залегании уровня грунтовых вод, в противном случае необходимо устройство противофильтрационных экранов.

Ленты из соломы, торфа и песка можно наносить, например, с помощью модифицированных навозоразбрасывателей (с уменьшенной шириной захвата). Борозды, валики, а также канавы и дамбы выполняют, например, с помощью плугов, обеспечивающих требуемую глубину вспашки.

Состав материала лент подбирают исходя из состава подаваемых на чек стоков или ила, а также с учетом почв для устройства валиков с тем, чтобы обеспечивать оптимальный состав получаемого компоста.

Эффективность способа основана не только на почвенно-биологической очистке стоков, но и на том, что он играет роль своеобразной «ловушки» биогенных элементов. В частности, торф с содержанием органики около 35 % сорбирует около 180 мг $N–NO_3$ на 1 кг почвы [9].

Рекультивация подземных структур. При откачке подземных вод, нефти и газа, а также при подземной добыче полезных ископаемых в породах образуются пустоты, заполненные воздухом. После откачки воды, нефти и газа в их вмещающих породах падает внутрипластовое давление, происходит фильтрационная деформация пород и сдвиг их вниз, вызывающие оседание поверхности. Тот же процесс происходит при добыче полезных ископаемых (каменный уголь, руды, соль и др.) подземным способом.

Глубина депрессионных воронок с пониженными уровнями подземных вод при откачке подземных вод достигает 50 м (Москва, Санкт-Петербург) и более 100 м (Лондон), диаметр воронок вокруг кустов водозаборных скважин – десятков километров. В Калифорнии (США) при использовании подземных вод на орошение наблюдалась глубина воронки 150 м.

Поверхность земли постепенно в зависимости от размеров депрессионных воронок оседает от нескольких сантиметров до 7–7,6 м.

Например, в городах Мехико, Лонг-Бич в США площади образующихся мульд в рельефе измеряются сотнями квадратных километром, в районе Токио – до 300, в районе Лондона – 1800, в долине
Сан-Хоакин (Калифорния, США) – 3500 км^2.

Крупные просадки земли отмечены в районе разработки КМА
(Белгородская и Курская области), в Солигорске при добыче калийной соли (Беларусь) и в других районах.

Рекультивация подземных структур осуществляется для их дальнейшего использования в качестве хранилищ запасов газа и нефти, консервации загрязненных твердых и жидких отходов и т. п. Подземные выработки Солигорского калийного комбината частично используются в медицинских целях в комплексной терапии заболеваний органов дыхания.

Лекция №11

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

1.Нефть и нефтепродукты как источник загрязнения земель.
2 Технологии рекультивации земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

Вопрос 1

При ежегодной мировой добыче нефти 2 млрд. 500 млн. т в год теряется около 50 млн. т, или примерно 2 %.

При добыче, транспортировке, переработке и хранении нефти и нефтепродуктов, а также при размещении нефтесодержащих отходов происходит загрязнение окружающей

природной среды углеводородами нефти. Техногенные аномалии сосредоточены вокруг промышленных объектов и вдоль автотрасс. Однако наибольшее загрязнение окружающей среды характерно для районов нефтедобычи.

При строительстве и эксплуатации нефтяных и газовых скважин образуются многотоннажные отходы бурения, в которые входят отработанные буровые растворы, включающие широкий спектр используемых химических реагентов, а также выбуренная порода (буровой шлам), пластовые воды и углеводороды нефти.

Отходы бурения содержат разнообразные химические реагенты, которые применяют на всех этапах добычи, подготовки и транспортировки нефти. На химизацию технологических процессов только на одном месторождении нефти затрачиваются тысячи тонн химических соединений, а их номенклатура исчисляется десятками единиц. Объемы и ассортимент применяемых химических реагентов постоянно растут, значительная их часть не полностью нормирована, многие вещества имеют высокую токсичность и экологическую опасность (хроматы, кремнийорганические соединения, нефть и нефтепродукты).

Особенно опасны буровые шламы, содержащие большое количество нефти, использовавшейся как смазочная добавка до 90-х гг. XX в. Это связано с тем, что при длительном хранении таких буровых шламов в амбарах возрастает концентрация токсичных, мутагенных и канцерогенных ароматических углеводородов.

Весьма весомый вклад в загрязнение почв углеводородами нефти вносит трубопроводный транспорт из-за его несовершенства и как результат высокой аварийности. Физический и моральный износ оборудования является причиной роста числа аварийных разливов нефти при ее транспортировке и хранении.

Аварии на предприятиях нефтепереработки и трубопроводного транспорта усугубляют сложившуюся ситуацию и значительно увеличивают вероятность загрязнения окружающей природной среды нефтяными углеводородами. Причинами аварий являются механические повреждения и коррозия трубопроводов, нарушение герметичности резервуаров.

Не только аварийные ситуации, но и технологический режим работы предприятий нефтегазового комплекса обуславливают химическое загрязнение земель, в том числе углеводородами нефти (табл. 1).

В результате технологического процесса на предприятиях нефтепродуктообеспечения и трубопроводного транспорта непрерывное загрязнение окружающей среды вызвано рядом причин, из которых основными являются:

– утечки углеводородов через неплотности в соединениях (сальниках, задвижках);

– разрывы трубопроводов;

– неполная очистка резервуаров от парафиновых и других отложений;

– переливы нефти и нефтепродуктов через верх резервуаров;

– спуск сточной воды из резервуаров;

– утечки нефти и нефтепродуктов вследствие коррозии днища резервуаров под агрессивным действием воды;

– детоксикация нефтешламов путем образования водно-нефтяных эмульсий со сбросом их в пониженные элементы рельефа;

– создание мест длительного размещения нефтесодержащих отходов (нефтешламонакопителей, прудов-отстойников, иловых площадок, полигонов твердых бытовых и производственных отходов, площадок биологической очистки нефтешламов и нефтезагрязненных почвогрунтов (биомодули), несанкционированных свалок отходов и др.).

Таблица 1. **Техногенные источники химического загрязнения почв** [15]

Факторы загрязнения	Загрязняющие вещества

1. Места длительного размещения отходов (нефтешламонакопители, пруды-отстойники, иловые площадки, полигоны ТБО и ТБПО, биомодули)	Углеводороды, биогаз, фенолы, тяжелые металлы, водно-нефтяные эмульсии
2. Производственные объекты нефтеперекачивающих станций, линейных производственно-диспетчерских станций, нефтебаз, нефтезаводов, в том числе резервуарный парк, факельные установки, нефтеловушки, дренажные емкости, энергетические и технологические установки, автотранспорт и др.	Углеводороды, сажа, соли, фенолы, ПАУ, АСПО, СПАВ, Pb, Hg, Cd, As, Cr, Mo, Ni, Cu, Be, H_2S, CO, NO_x, SO_2
3. Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов	Алканы, циклоалканы, парафины, смолы, асфальтены, сера, сероводород, сульфиды, дисульфиды, тиофены, тиофаны, ПАУ, Pb, Cd, Cr, Mo, Ni, Cu, Zn, Mn

Загрязнение почв углеводородами нефти может осуществляться и через атмосферу. Испарение легких фракций углеводородов нефти происходит из товарных резервуарных парков для хранения нефтепродуктов. Предприятия по добыче и переработке нефти и газа характеризуются огромными объемами выбросов в атмосферу парафиновых, олефиновых, диолефиновых, ароматических углеводородов, а также H_2S, SO_2, CO, CO_2, метанола, фенолов, ацетона.

С выбросами парогазовых смесей углеводороды нефти проникают в почву путем сухого осаждения или с атмосферными осадками.

Углеводороды нефти хорошо адсорбируются снегом и сохраняются при низкой температуре до снеготаяния. С талыми водами нефтяные углеводороды проникают в почву и грунт.

Значительными выбросами в атмосферу нефтяных углеводородов отличаются теплоэнергетическая, металлургическая, коксохимическая, нефтехимическая и другие отрасли промышленности.

Значительному химическому загрязнению по многим показателям на объектах перекачки нефти и нефтепродуктов подвержены грунтовые воды (табл. 2).

Таблица 2. Х**имическое загрязнение грунтовых вод на нефтеперекачивающей станции** [15]

Показатели	Объект исследования	
	Нефтезагрязненные грунтовые воды	Водоприемник (река)
Запах, балл	Присутствует	Отсутствует
Прозрачность, см	Мутная	30,0
pH	7,72	7,9
ХПК, мг O_2/л	820,0	11,8
$БПК_5$, мг O_2/л	218,48	0,8
Взвешенные вещества, мг/л	131,0	2,0

Сухой остаток, мг/л	1020,0	312,0
Азот аммонийный, мг/л	4,60	0,13
Сульфат-ион, мг/л	30,04	Не определено
Железо общее, мг/л	0,42	0,10
Нефтепродукты, мг/л	56,50	0,2
Хлорид-ион, мг/л	35,85	34,0
Общая жесткость, мг · экв/л	9,40	6,2

Углеводороды нефти относятся к педохимически активным веществам, представляют собой источник энергии для почвенных микроорганизмов. В почвах, грунтах и подземных водах такие соединения способны изменять окислительно-восстановительные и кислотно-щелочные условия (pH, состояние среды), концентрацию комплексообразователей и миграционную способность химических элементов.

Загрязнение почвы этими компонентами приводит к существенному и, как правило, негативному изменению ее свойств. В результате нарушается миграция химических элементов как в почве, так и в ландшафте.

Нормальное функционирование и устойчивость почвы как системы при вторжении в нее техногенных потоков зависят от протекающих в ландшафте процессов массоэнергообмена. Основной источник энергетических процессов в почве – органическое вещество, которое, по сути, является донором электронов в окислительно-восстановительных реакциях.

На обогащение почвы органическим веществом природные микробиологические системы реагируют резким увеличением скорости процессов, направленных на восстановление нарушенных трофических циклов. Как следствие, преобразуется среда обитания микроорганизмов, т. е. изменяется pH состояние и газовый режим почвы, возрастает ее биокоррозионный потенциал.

Все группы углеводородов нефти подвергаются в почвах микробиальному окислению, которое может протекать как в аэробной, так и в анаэробной среде. Механизм разложения этих загрязнителей аналогичен тем, которые существуют в природной среде.

На первоначальном этапе окисления вследствие протекания реакции гидроксилирования образуются спирты, трансформирующиеся затем в альдегиды и кислоты. Катализаторами этих реакций служат ферменты различных микроорганизмов.

Известно, что трансформация нефти в почве включает 3 этапа:

1) физико-химическое и частично микробиологическое разложение алифатических углеводородов;

2) микробиологическое разрушение низкомолекулярных структур разных классов и новообразование смолистых веществ;

3) трансформация высокомолекулярных соединений (смол, асфальтенов, полициклических углеводородов).

В почве нефтепродукты разлагаются углеводородокисляющими микроорганизмами, которые минерализуют нефтепродукты до CO_2 и H_2O или превращают их в соединения, утилизируемые другими группами микроорганизмов.

Скорость и интенсивность окисления углеводородов микроорганизмами очень высока, процесс может иметь экспоненциальный характер.

В разложении углеводородов нефти принимают участие разные группы углеводородокисляющих микроорганизмов, в том числе роды *Pseudomonas, Mycobacterium, Candida,* и др.

Под влиянием бактериальных и грибковых ферментативных систем углеводородокисляющих микроорганизмов метан преобразуется в метанол, нафталин – в салициловую кислоту, циклоалканы – в карбоновые нафтеновые кислоты, гамма-лактоны, спирты, оксикислоты; агрохимикат ДДТ, принадлежащий к группе хлорированных углеводородов, – в фумаровую и ацетоуксусную кислоты; углеводородное топливо (дизельное топливо, мазут, керосин) – в сероводород и органические кислоты.

Избыточное увлажнение почвы и наличие легко ферментируемых веществ затрудняет процесс разложения нефти. В анаэробных условиях подавляется деятельность углеводородокисляющих микроорганизмов. В отсутствии кислорода окисленные продукты нефтяного генезиса не образуются, а появляются окисленные продукты углеводов, т. е. продукты брожения кислотной природы.

Как правило, загрязнение углеводородами нефти приводит к падению уровня плодородия почвы. В качестве основных показателей токсичности почвы в агроэкосистемах предполагается снижение численности азотфиксирующих микроорганизмов (азотобактера) и уменьшение активности гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов. Однако следует отметить, что в научной литературе приведены примеры разнонаправленного влияния на группы почвенных микроорганизмов и их ферментативные системы под влиянием загрязнения почв углеводородами нефти. К тому же загрязнение углеводородами нефти также неодинаково отражается на биологической активности почв, что, по-видимому, зависит от почвенных условий, химического состава поллютантов, типа хозяйственного использования земель и в силу других причин.

Нефтепродукты оказывают неодинаковое экологическое последействие. Бензин и дизельное топливо при больших концентрациях являются основным субстратом для углеводородокисляющих микроорганизмов и вызывают резкое повышение фитотоксичности. Моторное масло и гудрон на фитотоксичность почти не влияют, но плохо утилизируются микроорганизмами. Увеличение токсичности почвы в условиях нефтяного загрязнения и состояние микробиального сообщества почвы взаимосвязаны.

Переувлажнение загрязненных нефтью почв резко ухудшает водно-воздушный режим и тем самым вызывает увеличение токсичности среды.

Подводя итог сказанному, следует отметить, что свойства нефтезагрязненной почвы являются неблагоприятными для растений вследствие ухудшения водно-воздушного режима, условий азотного питания и в результате накопления токсичных соединений. Эти негативные экологические изменения вызваны увеличением содержания в почве органического вещества и потреблением азота и кислорода микроорганизмами на его разложение, а также образованием биохимических продуктов этих реакций, токсичных для растений. Все это приводит к торможению роста и развития растений, снижению всхожести семян и ухудшению вегетативного развития растений, поражению корневой системы, задержке фенологических фаз.

Вопрос 2

Для снижения уровня загрязнения земель углеводородами нефти применяют различные технологии рекультивации. Работы по рекультивации земель выполняются последовательно и, как было отмечено ранее, поэтапно.

Проектирование рекультивации на подготовительном этапе начинают с анализа имеющихся проектов, в результате реализации которых произошло загрязнение почв и растительного покрова нефтепродуктами. При этом выбор направления использования загрязненных земель проводят на основе прогнозов изменения природной среды и оценки пригодности земель для целей рекультивации. Чаще всего целевым является использование загрязненных земель для лесоразведения.

Как правило, подготовительный этап начинается с инвестиционного обоснования мероприятий и заканчивается разработкой рабочей документации на основе задания на проектирование рекультивационных мероприятий загрязненных земель.

Инженерно-технические мероприятия, направленные на очистку нефтезагрязненных почв, должны быть основаны на применении эффективных сорбентов и мелиорантов, адаптированных к факторам среды, а также высокоактивных штаммов микроорганизмов, очистительных установок с использованием моющих средств и др. Помимо перечисленных методов также применяют вакуумное откачивание почвенного воздуха, радиочастотное воздействие

(нагрев почвы до 100–400 ºС), а также сочетание двух и более технологий для достижения большей эффективности очистки.

Следует отметить, что очистка почв и грунтов с помощью как традиционных, так и новейших технологий в значительной мере зависит от возможного вторичного загрязнения пород зоны аэрации. Ввиду того, что нефтепроизводные поллютанты могут поступать из атмосферного воздуха или из грунтовых вод, то проблема очистки должна решаться за счет снижения выбросов вредных веществ в атмосферу, уменьшения сброса сточных вод, регулирования уровня грунтовых вод.

Анализ сложившейся ситуации показывает, что применение многих существующих технологий и проектных разработок по очистке нефтезагрязненных почв связано с риском развития анаэробиоза. Во-первых, анаэробные условия возникают вследствие повышения содержания органического вещества в почве и увеличения биохимического потребления кислорода. Во-вторых, многие технологии, например, различные виды промывок, предусматривают переувлажнение загрязненных почв.

Образующиеся в анаэробных условиях продукты неполного распада органических загрязнителей, сорбентов и мелиорантов окисляются акцепторами электронов, в том числе Fe(III). В этом случае можно наблюдать развитие процесса глеегенеза, приводящего к деградации почвы.

Наиболее распространенные современные технологии очистки почв от загрязнения нефтью и нефтепродуктами рассмотрим подробнее.

Технологии очистки почв, использующие промывку с применением химических реагентов. Данные технологии используют для локальной очистки почв. Состав моющих средств весьма разнообразен, однако в него обычно входят поверхностно-активные вещества (ПАВ), а также органические растворители и щелочь. Наиболее «жестким» методом очистки является промывка с применением перекиси водорода.

Промывку загрязненных нефтью земель с применением синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) проводят сразу после разливов нефтепродуктов с целью очистки почв до уровня полной нефтеемкости, чтобы избыток нефти и нефтепродуктов не вытекал из рекультивируемого слоя почвы и грунта. Почву увлажняют до состояния суспензии и промывают в течение 40 мин 20-процентным водным раствором синтетических поверхностно активных веществ (СПАВ).

Недостаток метода – высокая токсичность применяемых СПАВ и их медленное разложение в почве.

Для снижения токсичности применяемых препаратов используют биосурфактанты биологические поверхностно активные вещества (био-ПАВ), которые имеют преимущества перед СПАВ, так как легче подвержены биодеструкции. Источники биосурфактантов весьма разнообразны. К ним относятся отходы продуктов переработки зерновых культур (отруби, мука, мезга, лузга, хлебная крошка, мякина и т. д.); отходы растениеводства и тепличного хозяйства; отходы переработки овощей и фруктов (остатки мелассы, картофельная мезга, плодовая барда, последрожжевая зернокартофельная барда); отходы животноводства (помет птичий, жидкий навоз) и др. Бактериальное брожение этих отходов приводит к образованию био-ПАВ, т. е. метаболитов углеводной или липидной природы, а также кислот и газов.

Недостатком метода является и то, что сурфактанты образуют водонефтяные эмульсии, которые легко проникают вглубь почвы. В этом случае происходит расширение зоны загрязнения и возможно развитие неблагоприятных процессов анаэробиоза, глеегенеза и сульфатредукции.

В случае обширного загрязнения для промывки почв применяют воду. Загрязненный участок окапывают траншеями для отвода воды. По внешнему периметру траншей выполняют кольматацию специальными составами во избежание распространения площадного загрязнения. Слой почвы и грунта промывают от поверхности до глубины 2 м при соотношении воды и почвы 5:7. Недостатком метода является возможное загрязнение и подъем уровня

грунтовых вод не только на рекультивируемом земельном участке, но и на прилегающей территории.

Использование препаратов на основе ПАВ рекомендуют на заболоченных территориях с целью ликвидации аварийных разливов нефти путем перевода ее в эмульгированное состояние.

Технологии с использованием сорбентов для удаления нефти и нефтепродуктов с поверхности почвы. При данной технологии эффективность утилизации образующихся нефтесодержащих отходов зависят от состава сорбентов.

Для удаления избытка нефти и нефтепродуктов используют кварцевый песок и другие сорбенты на минеральной основе. После сбора нефти, нефтепродуктов, жиров, масел и других отходов с поверхности почвы эти сорбенты используют в дорожном строительстве, подвергают термической обработке.

В качестве сорбирующих органических материалов искусственного происхождения используются полипропилен и полиэтилен, карбамидно-формальдегидная смола, фенол-формальдегид. Наряду с этим также используют синтепон, поролон, синтетический мех и другие материалы. Эти сорбенты после отжима нефтепродуктов применяют повторно либо сжигают.

В качестве сорбентов естественного происхождения применяют верховой торф моховой группы, сапропель, ватин, угольную крошку, шелуху овса и гречихи, лом древесноволокнистых плит, солому, камыш, торф, опилки и т. п.

Технологии очистки нефтезагрязненных почв с помощью мелиорантов. Из известных мелиорантов для очистки почв наиболее широко применяют гумино-минеральный концентрат (ГМК). Его получают из отходов, образующихся при добыче бурого угля. Этот мелиорант вносят непосредственно в почву, где сорбированные им органические и другие экотоксиканты подвергают физико-химической деструкции и микробиологической трансформации. В результате применения данного мелиоранта увеличивается активность нативной почвенной микрофлоры, а нефть и нефтепродукты превращаются в гумус.

Кроме того, мелиорантами являются биогумус, активный ил, разнообразные смеси минеральных удобрений и нефтеокисляющих микроорганизмов.

Биотехнологии. Как правило, биотехнологии применяют для детоксикации нефтесодержащих отходов. В основу этих технологий положены методы окисления углеводородов нефти различными штаммами микроорганизмов. В абсолютном большинстве случаев разложение нефти в почве происходит при участии бактерий, использующих свободный кислород.

Биотехнологии имеют много ограничений к применению. Кроме этого, для них характерны низкая эффективность и высокая стоимость, а также негативные последствия – мутация микроорганизмов в естественных условиях и образование продуктов распада более токсичных, чем исходные загрязнители. Биопрепараты и агротехнологии обеспечивают лишь поверхностную очистку почв. Повторное загрязнение почвы происходит в результате вытеснения на поверхность несвязанного нефтепродукта при сезонном подъеме уровня грунтовых вод.

В состав биопрепаратов, используемых для очистки нефтезагрязненных почв, входят различные штаммы микроорганизмов, адаптированные к определенным условиям среды. Многие из этих микроорганизмов выделены из активного ила и сточных вод очистных сооружений предприятий, морской воды.

В целях интенсификации очистки почвы от нефтяных углеводородов проводят поливы суспензией микроорганизмов-биодеструкторов в виде биопены с высокой эмульгирующей способностью. Биоэмульгаторы синтезируют дрожжи *Torulopsis*, бактерии рода *Pseudomonas*, штаммы рода *Rhodococcus*, а также *Bacillus species*. Биологические поверхностно-активные вещества представлены гликолипидами, липопротеинами, липосахаридами и жирными кислотами.

Важное место в очистке земель от нефтепродуктов занимают агротехнологии. Они носят комплексный характер, в том числе включают и биотехнологические воздействия – фиторемедиацию. В качестве агротехнических мероприятий для нефтезагрязненных почв рекомендованы вспашка, внесение повышенных доз полного минерального удобрения и навоза, орошение, подбор устойчивых к нефтяному загрязнению сельскохозяйственных культур и т. д. Для ускорения самоочищения почвы целесообразно рыхление, дискование, травосеяние и др.

Таким образом, практически все технологии очистки почв, загрязненных нефтью, нефтепродуктами и другими органическими экотоксикантами, способствуют повышению содержания органического вещества в почве. На окисление загрязнителей, сорбентов и мелиорантов органической природы затрачивается свободный кислород, а при его недостатке в анаэробных условиях с этой целью расходуются нитраты, трехвалентное железо и сульфаты.

Вместе с тем необходимо иметь в виду, что, применяя очистку на переувлажненной почве, могут возникнуть процессы глееобразования, приводящие к ее деградации.

В настоящее время проблема загрязнения компонентов природной среды нефтью и нефтепродуктами стоит довольно остро. В частности, в районах расположения нефтеперерабатывающих заводов, крупных складов ГСМ в результате проливов, утечек, аварий в грунтах скапливается большое количество легких нефтепродуктов (бензина, реактивного керосина, дизельного топлива). Ориентировочно ежегодные потери составляют 0,5–2 % годового оборота нефтепродуктов. Оценка загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами проводится путем сравнения с фоном, т. е. естественным состоянием.

По мнению А.И. Голованова и др., норматив содержания нефти в почвах для целей экологического мониторинга и рекультивации должен определяться с учетом характера регионального загрязнения и природных условий, обуславливающих способность почвы. Нижним пределом следует считать такое содержание нефтепродуктов, при котором за счет самоочищающей способности почвы в течение одного года восстанавливается продуктивность или нормализуются микробиологические процессы.

На основе экологического мониторинга, проводимого на рекультивируемой территории, осуществляется управление экологической системой.

Для земель сельскохозяйственного назначения принято следующее содержание нефтепродуктов в почве, мг/кг:

– 1-й уровень рекультивации (низкий уровень загрязнения нефтью и нефтепродуктами) – 300–1000;

– 2-й (средний и высокий уровни загрязнения) – 1000–5000;

– 3-й (очень высокий уровень загрязнения) – более 5000;

для земель несельскохозяйственного назначения:

– 1-й уровень – 1000–5000;

– 2-й уровень – 5000–10000;

– 3-й уровень – более 10000.

Состав работ 1-го уровня рекультивации направлен на активизацию почвенных микроорганизмов по деструкции углеводородов. К ним относятся: рыхление почвы; внесение извести, гипса, высоких доз органических и минеральных удобрений с последующей запашкой; создание мульчированной поверхности из высокопитательных смесей; посев нефтетолерантных растений повышенными нормами.

При этом рекомендуется применение составных мелиорантов:
NPK + навоз; NPK + известь; NPK + известь + навоз.

В процессе рекультивационных работ 2-го уровня выполняют следующее:

– заменяют загрязненный слой способом смешивания замазученных и чистых слоев почвы;

– вносят органо-минеральные и бактериальные активаторы (керамзитовые окатыши, навоз, биодеструкторы);

– устраивают поглотительно-экранирующие слои под загрязненным слоем из минеральных грунтов и извести.

Почвы с высоким уровнем загрязнения направляют на переработку с целью добычи извлекаемой части нефтепродуктов, после чего их рекультивируют в стационарных или полевых условиях.

Одним из приоритетных способов очистки почв от нефтепродуктов является использование биодеструкторов.

Их эффективность обеспечивается активностью микроорганизмов по отношению к углеводородам в условиях хорошей аэрации почв, благоприятного водного, температурного (5–30 ºС) и питательного режимов почв.

Так, благодаря действию таких препаратов содержание нефтепродуктов в почве за 10 сут может снизиться на 30 %.

По мере снижения загрязненности почвы применяют мероприятия 1-го уровня рекультивации.

Возможная схема агробиологических рекультивационных работ:

1-й год – рыхление загрязненной почвы для освобождения ее от легких углеводородов и стимулирования биохимических процессов;

2-й год – применение биодеструкторов и регулирование для этой цели питательного и водного режимов почв;

3-й и последующие годы – выращивание устойчивых культур до получения качественной продукции.

Рекультивацию земель, входящих в зону чрезвычайной экологической ситуации или экологического бедствия (2-й и 3-й уровни), проводят как систему мероприятий в составе инженерно-экологической системы.

С помощью управляемой инженерно-экологической системы (рис..1) в течение длительного периода (нескольких десятков лет) осуществляются следующие функции:

– предотвращается распространение не извлекаемой части нефтепродуктов из залежи в городские водозаборы и в реки;

– регулируется концентрация легких углеводородов в зоне аэрации и снижается пожароопасная обстановка;

– обеспечивается на основе экологического мониторинга управление гидрохимическими и биологическими режимами почв, грунтов подземных и поверхностных вод.

Основу инженерно-экологической системы могут составлять: дамба обвалования; стена в грунте; нагнетательные скважины; горизонтальный и вертикальный дренажи; добывающие скважины; мероприятия по технической и биологической рекультивации загрязненных земель. При этом устройство дамбы обвалования и проведение мероприятий по организации поверхностного стока защитят загрязненную территорию от затопления во время паводка и предотвратят поверхностный смыв нефтепродуктов. Собранный поверхностный сток после предварительного биодеструктирования и доочистки будет отводиться в водотоки или использоваться в водооборотных системах промышленных предприятий, а строительство стены в грунте по контуру нефтяной залежи или в зоне разгрузки загрязненных потоков прекратит дальнейшее продвижение загрязненных подземных вод.

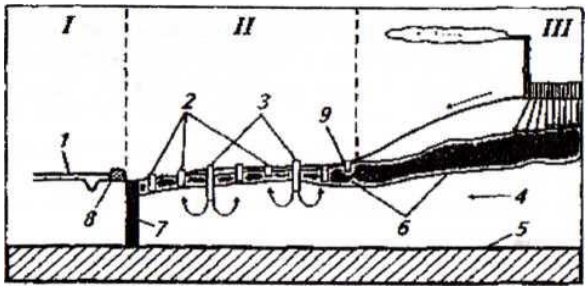

Рис.1. Схема управляемой инженерно-экологической системы по восстановлению компонентов природной среды в зоне действия предприятий нефтехимической промышленности:

I – зона реки; II – зона рекультивации загрязненных земель, локализации и ликвидации загрязнения от нефтепродуктов; III – зона нефтехимических предприятий; *1* – паводковый уровень воды в реке; *2* – добывающие скважины; *3* – скважины для подачи воды в водоносный пласт; *4* – приток подземных вод; *5* – водоупор; *6* – загрязнение нефтепродуктами; *7* – противофильтрационная завеса; *8* – оградительная дамба; *9* – нагорно-ловчий канал

Рекультивацию земель, соответствующих уровню чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия, проводят как систему мероприятий в составе инженерно-экологической системы. Создание такой системы обусловлено высокой подвижностью нефтепродуктов в компонентах геосистемы, особенно при длительном загрязнении почв, и образованием больших ареалов свободных и связанных нефтепродуктов на границе раздела зоны аэрации и подземных вод. Подобные антропогенные залежи нефтепродуктов формируются вблизи складов топливно-смазочных материалов, нефтебаз и нефтеперерабатывающих заводов, что вызывает опасность загрязнения почв не только на сопредельных к источнику территориях, но и гидравлически связанных с ней подземных и поверхностных вод. Поэтому реализуемыми задачами являются удаление подвижных нефтепродуктов, рекультивация почв, защита рек и водозаборов от загрязнения нефтепродуктами с одновременной локализацией очагов загрязнения подземных вод.

В такой системе на основе экологического мониторинга обеспечивается управление гидрохимическими и биологическими режимами почвогрунтов, подземных и поверхностных вод, что, в свою очередь, в течение длительного периода времени предотвращает распространение неизвлекаемой части нефтепродуктов из залежи в городские водозаборы и в реки, регулирует концентрацию легких углеводородов в зоне аэрации.

Оперативная организация экологического мониторинга на нефтепроводах и нефтепродуктопроводах позволяет объективно и в короткие сроки оценить масштабы и степень загрязнения земель углеводородами нефти, своевременно прогнозировать тенденции негативных изменений. Полученная в ходе мониторинговых исследований информация необходима при определении размера ущерба, причиненного в результате деградации и загрязнения земель, проведения производственного экологического контроля качества проводимых рекультивационных работ. Кроме того, эта информация необходима при выполнении почвенно-мелиоративных изысканий, в составе инженерно-экологических изысканий, в период эксплуатации для реконструкции, технического перевооружения, капитального ремонта и демонтажа, магистральных нефтепродуктопроводов.

Лекция №12

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, ПОДВЕРЖЕННЫХ РАДИОАКТИВНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

1 Причины загрязнения и поведение радионуклидов в почве.
2 Мероприятия по снижению поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию.
3 Технологии реабилитации земель, загрязненных радионуклидами..

Вопрос 1

Широкое использование ядерной энергии в различных отраслях народного хозяйства влечет за собой появление строго контролируемого количества радиоактивных веществ в биосфере.

Понятие «радиоактивность» означает способность к самопроизвольному распаду атомных ядер с излучением энергии. Вещество, имеющее в своем составе атомы радиоактивных изотопов, называется радиоактивным. Химический элемент, обладающий свойствами радиоактивности, обычно называют радиоизотопом и чаще всего – *радионуклидом*. В зависимости от скорости распада радиоизотопы условно подразделяются на *коротко живущие* (часы и сутки), *среднеживущие* (до года) и *долгоживущие* (годы и десятилетия). Степень опасности загрязнения сельскохозяйственных угодий радионуклидами определяется, прежде всего, тем, какие из них находятся в почвенном покрове. Основным фактором, определяющим поведение радионуклидов в почвах, биологическую подвижность их в системе почва – растение и способность к мигрированию по кормовым и пищевым цепочкам являются их физико-химические свойства. С точки зрения источников происхождения радионуклидов, возможности появления в окружающей среде их подразделяют в основном на четыре группы:

1. Продукты деления тяжелых ядер урана и плутония, так называемые радиоактивные продукты деления (^{90}Sr, ^{89}Sr, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{141}Ce, ^{144}Ce, ^{106}Ru, ^{147}pm и др.).

2. Радионуклиды наведенной активности (^{65}Zn, ^{54}Mn, ^{56}Fe, ^{60}Co, ^{115}Cd и др.).

3. Естественные радионуклиды, постоянно находящиеся в почве (радионуклиды семейства урана, тория и актиния).

4. Трансурановые элементы, образующиеся в процессе ядерных реакций (плутоний, калифорний, кюрий и др.).

Одна из основных ядерных реакций – *реакция деления тяжелых ядер урана и плутония, которая используется в ядерных реакторах* и при применении энергии атома в энергетике. При реакции деления образуется большое количество радиоактивных продуктов деления. Первоначальная смесь продуктов деления содержит более 200 изотопов 35 химических элементов. Образующиеся радионуклиды относятся к химическим элементам, находящимся в средней части Периодической системы Д. И. Менделеева, причем наибольший выход их наблюдается в интервале значений массового числа от 85 до 106 и от 129 до 150.

У более 2/3 изотопов период полураспада менее одного дня и поэтому они практически не представляют опасности в загрязнении почвенно-растительного покрова. Среднеживущие радиоактивные продукты деления (^{144}Ce, ^{106}Ru, ^{147}pm и др.) не представляют большой опасности для загрязнения растениеводческой и животноводческой продукции, так как коэффициент накопления их невысок, и, кроме того, при поступлении из почвы в растения они в основном задерживаются в корневой системе (99 % общего количества в растении). С течением времени в смеси продуктов деления начинают преобладать долгоживущие радионуклиды, в частности, ^{90}Sr (период полураспада 28 лет) и ^{137}Cs (период полураспада 30 лет). Через 2,5–3 года уровень радиоактивности в смеси в основном определяется этими радионуклидами, поскольку коротко живущие радионуклиды к этому времени практически распадаются, а активность радионуклидов со средним полураспадом сильно уменьшается.

Группа элементов наведенной активности образуется в результате ядерных реакций, при взаимодействии нейтронов с ядрами стабильных элементов. Например, если почва будет подвергнута сильному облучению, то содержащиеся в почве такие элементы, как ^{65}Zn, ^{54}Mn, ^{56}Fe, ^{59}Fe, ^{60}Co и др., могут частично превращаться в радионуклиды. Большая часть их относится к микроэлементам, что определяет размеры поступления их в растения из почвы и характер распределения по его органам. Так, ^{65}Zn при поступлении из почвы в растения в значительных количествах накапливается в зерне злаковых и зернобобовых культур. Однако необходимо подчеркнуть, что в целом они не представляют большой опасности для загрязнения урожая сельскохозяйственных культур. Это обусловлено, прежде всего, тем, что в большинстве случаев период полураспада их меньше года и, кроме того, возможность появления в окружающей среде в каких-либо значительных количествах невелика.

Естественные радионуклиды (уран, торий, радий) в основном являются долгоживущими, с периодом полураспада до нескольких тысяч лет. Обычно они находятся в очень рассеянном состоянии преимущественно в горных породах и почвах. Основная часть урана, радия и тория в почве находится в необменной, прочносвязанной форме, и размеры перехода их в растения составляют сотые доли от их содержания в почве. Серьезной опасности для загрязнения растений при поступлении из почвы естественные радионуклиды также не представляют.

Трансурановые элементы (плутоний, америций, кюрий и др.), образующиеся при переработке ядерного топлива, также имеют большие периоды полураспада – от нескольких лет (^{241}Pu – 13,2 года) до сотен (^{241}Am – 458 лет) и десятков тысяч лет (^{239}Pu – 24 400 лет). Однако возможность попадания их в почвенный покров незначительна. Кроме того, они практически не поступают из почвы в растения. Трансурановые элементы относятся к радионуклидам очень низкой биологической подвижности.

Источниками радиоактивного загрязнения природной среды и сельскохозяйственных угодий могут быть аварии на ядерных реакторах, а также утечки радиоактивных отходов при нарушении условий их хранения.

Радиационный фон после аварии на ЧАЭС определялся 21 радионуклидом. Основное количество радионуклидов выпало с мелкодисперсными частицами углерода с адсорбированными атомами металлов (конденсационные формы), а также в виде топливных частиц. Более 70 % радионуклидов, выброшенных в атмосферу, в настоящее время прекратили свое существование. Наибольшую опасность для живых организмов представляла группа биологически активных радионуклидов: ^{131}I, ^{90}Sr, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{238}Pu, ^{239}Pu, ^{240}Pu, ^{141}Ce, ^{144}Pr, ^{103}Ru, ^{106}Ru, ^{95}Zr, ^{95}Nb. Разнородные по своим дозиметрическим характеристикам эти радионуклиды имеют одну общую особенность: большинство из них *являются двойниками*, аналогами химических элементов, выполняющих важные биологические функции в живых организмах и растениях.

Особо опасны радиоизотопы с большим периодом полураспада. В составе этой группы находятся такие загрязнители земной поверхности, как ^{90}Sr, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{241}Am и все изотопы плутония. Наибольшую опасность для человека, животных и растений представляют ^{137}Cs и ^{90}Sr. Они легко включаются в трофические цепи и являются источниками внутреннего и внешнего облучения организмов. Радиоактивные изотопы стронция и цезия являются химическими аналогами кальция и калия. Они отличаются высокой биологической подвижностью и при наличии в почвах интенсивно поступают в растения.

Поведение радионуклидов, их миграция на разных этапах биогеохимического круговорота элементов в природе в значительной степени зависит от физико-химического состояния почвы.

Поглощение радионуклидов почвенно-поглощающим комплексом определяется процессами распределения между двумя основными фазами почвы – твердой и жидкой и осуществляется за счет следующих основных взаимообратимых процессов.

1. *Сорбция* ↔ *десорбция*. Сорбция – это поглощение радионуклидов твердыми частицами почвы из почвенного раствора. Десорбция – это выделение или переход радионуклидов из частиц в почвенный раствор. Поглощение радионуклидов поверхностным слоем частиц называется адсорбцией.

2. *Осаждение* ↔ *растворение*. Осаждение – это образование труднорастворимых и нерастворимых соединений радионуклидов. Растворение – это переход радионуклидов в почвенный раствор из соединений.

3. *Коагуляция* ↔ *пептизация*. Коагуляция – это образование крупных коллоидных соединений в дисперсных системах. Пептизация – это распад крупных и сложных соединений на мелкие и простые.

На подвижность радионуклидов в почве оказывают влияние такие факторы, как физико-химическая характеристика радионуклидов, время и формы нахождения в почве, свойства почвы, погодно-климатические условия, тип растительного покрова.

Важным для сельскохозяйственных угодий является степень влияния форм нахождения радионуклидов на их доступность для усвоения корневыми системами растений.

Из наземных органов радионуклиды поступают в глубинные корни. Благодаря выделительной функции корней радионуклиды попадают в нижележащие почвенные горизонты. Перенос по корням характерен для водорастворимой и обменной форм. При отмирании наземной массы и при срезе растений радионуклиды с корнями остаются в почве на глубине расположения корней, при разложении которых радионуклиды поступают в почвенный раствор.

Скорость продвижения радионуклидов по растению зависит от интенсивности транспирации. В жаркую и сухую погоду транспирация усиливается, поэтому может повышаться содержание радионуклидов в наземной части растений. Ионный обмен между клеточной оболочкой корневого волоска и почвенными частицами происходит труднее, чем обмен ионами из почвенного раствора.

При низкой концентрации радионуклидов в почве они поступают в растения в результате ионно-обменных реакций. При высокой концентрации радионуклидов в почве основным механизмом поступления является диффузия, поэтому поступление радионуклидов может значительно возрастать.

Из корней цезий как одновалентный элемент выводится быстрее, чем стронций, который может связываться в корнях в трудноподвижные формы. Основное количество радионуклидов концентрируется в корнях. Накопление радионуклидов зависит от места расположения, типа и мощности корневой системы. Растения с мочковатой и корневищной корневой системой, расположенной в верхних слоях почвы, накапливают больше радионуклидов, чем растения со стержневой системой, которая проникает в более глубокие и «чистые» почвенные горизонты.

Распределение радионуклидов в наземных органах растений неравномерное. Около 80 % радионуклидов оседает в листьях и стеблях. Наименьшая концентрация радионуклидов отмечается в генеративных органах, т. е. в семенах, при максимальном накоплении в оболочках, кроющих чешуях, створках бобов и стручков. В корнеплодах высокое накопление радионуклидов в головке, в кожице и в сердцевине. В клубнях картофеля максимальное накопление в кожуре. Следует отметить, что при одинаковой плотности загрязнения почвы в картофеле содержание цезия-137 и стронция-90 значительно ниже, чем в корнеплодах. Это связано с тем, что клубень – это видоизмененный побег, в который питательные вещества и радионуклиды поступают из наземных органов. Корнеплод – это видоизмененный корень, активно поглощающий и накапливающий радионуклиды. В созревших растениях фасоли стронций-90 распределяется следующим образом: в листьях – 53–68 %, стеблях – 15–28 %, створках бобов – 12–25 % и зерне – 7–14 %.

Радионуклиды, осевшие на почву в составе различных выпадений, могут подниматься ветром или дождем и оседать на растительность. Это явление называется *вторичным радиоактивным загрязнением* растений, интенсивность которого оценивается по величине коэффициента ветрового подъема, определяемого как отношение концентрации радионуклида в воздухе на высоте 1 м к плотности поверхностного загрязнения почвы. Его величина зависит от многих факторов: свойств атмосферы, рельефа и вида растительности, свойств почвы, хозяйственной деятельности человека.

Вторичное загрязнение растительности происходит при пыльных бурях, при горении торфяников, лесов и сжигании послеуборочных остатков.

Кроме ветрового переноса причиной вторичного загрязнения может быть забрызгивание грязью нижних частей растений во время выпадения сильных дождей.

Главной задачей сельскохозяйственного производства на загрязненной территории является получение продукции с содержанием радионуклидов в пределах допустимых уровней и дальнейшее возможное снижение радиоактивной нагрузки. Радикальные меры по отселению уже себя исчерпали. Науке и практике неизвестны более эффективные методы снижения коллективной дозы, чем проведение комплексных защитных мероприятий в сельском хозяйстве, направленных на снижение содержания радиоактивных веществ в продуктах питания и, прежде всего, в растениеводческой продукции.

Вопрос 2

Для получения сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов и обеспечения радиационной безопасности работающих на загрязненных радионуклидами территориях необходимо проводить защитные мероприятия, которые подразделяются: на организационные, агротехнические, агрохимические, зооветеринарные, технологические, санитарно-гигиенические и информационные (табл. 1).

Для снижения концентрации радионуклидов в сельскохозяйственных растениях могут быть использованы различные приемы, которые разделяют на две большие группы.

К *первой* группе относятся общепринятые в агропромышленном производстве мероприятия, направленные на увеличение плодородия почвы, повышение урожайности и одновременно способствующие уменьшению перехода радиоактивных веществ из почвы в растения.

К ним относятся: внесение органических удобрений (навоз, компосты и др.); внесение минеральных удобрений (N, P, K, микроудобрения); известкование почвы; агротехнические приемы по уходу за растениями и др.; подбор культур и сортов, которые в силу своих биологических особенностей способны в меньших количествах накапливать радионуклиды.

Таблица 1. **Система защитных мероприятий, применяемых в условиях радиоактивного загрязнения территорий [15]**

Защитные мероприятия	Содержание защитных мероприятий
Организационные	– инвентаризация угодий по плотности загрязнения радионуклидами и составление карт; – прогноз содержания радионуклидов в продукции растениеводства, кормопроизводства и животноводства; – инвентаризация угодий в соответствии с результатами прогноза и определение угодий, на которых возможно выращивание культур для различных целей: продовольственные, производство кормов, получение семенного материала, техническая переработка; – изменение структуры посевных площадей и севооборотов; – переспециализация отраслей животноводства; – исключение угодий из хозяйственного пользования; – организация радиационного контроля продукции; – оценка эффективности мероприятий
Агротехнические	– коренное и поверхностное улучшение сенокосов и пастбищ; – гидромелиорация (осушение и оптимизация водного режима); – предотвращение вторичного загрязнения
Агрохимические	– известкование кислых почв; – внесение органических удобрений; – внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений; – оптимизация азотного питания растений на основе почвенно-растительной диагностики;

	– внесение микроудобрений; – снижение пестицидной нагрузки
Технологические	– промывка и первичная очистка убранной плодоовощной и технической продукции; – переработка продукции с целью снижения в ней концентрации радионуклидов
Санитарно-гигиенические	– соблюдение санитарно-гигиенических и других требований, установленных действующим в республике законодательством; – обеспечение дополнительным комплектом спецодежды
Информационные	– информирование населения, заинтересованных министерств и ведомств о результатах радиационного контроля и эффективности проводимых защитных мероприятий; – информирование работников и населения о новых эффективных мерах по снижению перехода радионуклидов в возделываемые культуры и готовую продукцию; – научные исследования; – подготовка и повышение квалификации специалистов сельского хозяйства; – наглядные пособия, публикации, школы, обучение

Ко *второй* группе относятся специальные приемы, применение которых наряду с уменьшением поступления радионуклидов в растения иногда приводит к определенному уменьшению урожайности растений и некоторому снижению плодородия почвы. Это использование природных минералов (цеолиты, бентонит и др.), применение нетрадиционных химических препаратов промышленного производства (гумекс, ферроцин и др.).

Действие различных мероприятий, применяемых в земледелии для снижения накопления радионуклидов в растениях, основывается главным образом на их влиянии на свойства почв. При этом агротехнические приемы направлены на изменение распределения радионуклидов в почвенном профиле, агрохимические – приводят к изменению кислотности почв, увеличению сорбционной способности или концентрации конкурентных ионов. Сравнение радиологической эффективности защитных мероприятий проводится по кратности снижения накопления радионуклидов в растениях.

Применение данных технологических приемов на пахотных землях позволяет уменьшить переход загрязнителей из почвы в урожай сельскохозяйственных культур от 1,1 до 10 раз (табл. 2).

Таблица 2. **Эффективность агротехнических и агрохимических приемов, обеспечивающих снижение накопления радионуклидов в продукции растениеводства [15]**

Технологический прием	Кратность снижения
Обработка почв (вспашка с оборотом пласта, глубокая вспашка)	Снижение накопления в 1,2–5,0 раз
Известкование (в дозе 1,5–2,0 $H_г$)	Снижение накопления в 2,0–4,0 раза
Применение органических удобрений	Снижение накопления в 1,2–2,5 раза
Применение фосфорных удобрений	Снижение накопления для ^{137}Cs в 1,0–1,5 раза; для ^{90}Sr – в 1,2–3,5 раза
Применение калийных удобрений	Снижение накопления для ^{137}Cs в 1,5–3,5 раза; для ^{90}Sr – в 1,2–1,5 раза
Оптимизация доз применения азотных удобрений	Превышенные оптимальных доз ведет к росту накопления в растениях в 1,2–2,5 раза
Применение природных сорбентов (цеолиты, глины и др.)	Эффект нестабилен – как отсутствие эффекта или снижение накопления радионуклидов в 1,2–3,0 раза
Подбор видов и сортов культур с минимальными уровнями накопления	Снижение накопления в зависимости от вида до 30 раз, от сорта – до 7 раз

Специальная система обработки почв в зоне радиоактивного загрязнения направлена на снижение накопления радионуклидов в урожае, уменьшение эрозионных процессов, снижение времени воздействия излучения на работающих в поле.

Известкование кислых почв. Известкование кислых почв направлено не только на ограничение поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию, но и на повышение плодородия почв и урожая.

Минимальное накопление радионуклидов в растениеводческой продукции, при соблюдении прочих равных условий возделывания сельскохозяйственных культур, происходит при оптимальной реакции почвенной среды. В этой связи основной целью известкования на землях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, является нейтрализация кислотности почвы и насыщение ее поглощающего комплекса кальцием и магнием.

Оптимальные показатели кислотности (pH) колеблются в значительных пределах и зависят от типа и гранулометрического состава почвы, обеспеченности ее гумусом и набора культур в севооборотах. На основе исследований, проведенных в Беларуси, определены оптимальные значения pH_{KCl} для дерново-подзолистых почв. В зависимости от гранулометрического состава почв эти значения составляют: для глинистых и суглинистых – 6,0–6,7; для супесчаных – 5,8–6,2; для песчаных – 5,6–5,8. Для торфяно-болотных и минеральных почв сенокосов и пастбищ оптимальные значения pH_{KCl} составляют соответственно 5,0–5,3 и 5,8–6,2. Достижение оптимальных параметров кислотности осуществляется известкованием нуждающихся почв. Дозы извести дифференцируются по типам почв, гранулометрическому составу, степени их кислотности и плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr. На минеральных землях с плотностью загрязнения ^{137}Cs 5,0 Ки/км^2 (185 кБк/м^2) и ^{90}Sr 0,3 Ки/км^2 (11 кБк/м^2) и на торфяных почвах с плотностью загрязнения ^{137}Cs > 1,0 Ки/км^2 (37 кБк/м^2) и ^{90}Sr > 0,15 Ки/км^2 (5,5 кБк/м^2) предусматривается дополнительное внесение извести с целью ускоренного доведения pH почв до оптимальных значений. На дерново-подзолистые супесчаные почвы с pH 5,6–6,0 и плотностью загрязнения ^{l37}Cs 1–5 Ки/км^2 (37–185 кБк/м^2) дополнительное выделение извести предусматривается для поддержания оптимального диапазона кислотности. Все почвы I–II групп кислотности подлежат первоочередному известкованию в связи с высоким переходом радионуклидов в растения.

Эффект снижения поступления радионуклидов в урожай от известкования в дозах, рассчитанных по полной гидролитической кислотности, колеблется в пределах 1,5–3 раза, в зависимости от гранулометрического состава и степени кислотности почв, обеспеченности их гумусом и других свойств, а также биологических особенностей культур.

Органические удобрения. В целях поддержания почвенного плодородия, направленного на обеспечение стабильного урожая сельскохозяйственных культур, на загрязненных радионуклидами землях необходимо задействовать все имеющиеся источники обогащения почв органическим веществом. Внесение органических удобрений должно обеспечить бездефицитный, а в лучшем случае положительный баланс гумуса в почвах.

На загрязненных радионуклидами землях рекомендуются те же дозы навоза и компостов под сельскохозяйственные культуры, что и на чистых почвах.

За послеаварийный период изучено действие большого набора мелиорантов (цеолиты, бентонит, глинистый мергель, трепел, лигносульфаты, гуминовые препараты, сапропели и т. д.) на снижение перехода радионуклидов из почвы в сельскохозяйственные культуры. Наиболее эффективными мелиорантами в условиях радиоактивного загрязнения являются сапропели – отложения пресноводных водоемов. Внесение 60 т/га кремнеземистого сапропеля позволило снизить накопление ^{137}Cs в зерне ячменя на 50 % и в сене однолетних трав на 35 %. Снижение накопления ^{90}Sr менее заметно – на 18 и 12 % соответственно, однако при этом существенно (на 6,5 ц/га) повысился урожай зерна ячменя.

Изучение влияния сапропеля на урожай кормовых культур в динамике показало, что внесение высоких доз этого удобрения (90–100 т/га) дает высокую прибавку урожая в течение длительного времени. Наиболее отзывчивы к внесению сапропелей кормовая свекла и люпин, кратность снижения перехода ^{137}Cs в урожай которых достигала 3,9 и 4,5 раза соответственно по сравнению с контролем.

Чем беднее почва элементами минерального питания и гумусом, тем эффективнее действие сапропеля. Наличие в сапропелях органического вещества и минеральных макро- и микроэлементов, биологически активных веществ позволяет рассматривать их как ценное сырье для дальнейшего приготовления органического удобрения комплексного действия.

Ограничивающим фактором широкого применения сапропелей является высокая стоимость затрат на транспортировку.

Минеральные удобрения. Важным приемом, ограничивающим поступление радиоцезия из почвы в растения, является применение калийных удобрений. Эффективность приема обусловлена как антагонизмом цезия и калия в почве, так и позитивным влиянием калия на величину урожая сельскохозяйственных культур, особенно на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах, бедных этим элементом.

Наиболее эффективной дозой на дерново-подзолистой почве следует считать количество калия, эквивалентное 12,5 % емкости поглощения. Меньшее поглощение ^{137}Cs в растениях под влиянием калия объясняется антагонизмом ионов ^{l37}Cs и калия на первой стадии их поступления в корень, т. е. в процессе сорбции на поверхности корневой системы. При переходе ^{137}Cs из почвы в растения происходит сильная дискриминация его по отношению к калию, т. е. ^{137}Cs поступает из почвы в растения значительно медленнее калия.

Калийные удобрения являются наиболее эффективным средством повышения урожая, плодородия почв и снижения загрязнения радионуклидами растениеводческой продукции.

О влиянии фосфорных удобрений на накопление радионуклидов в урожае сложилось неоднозначное мнение. В ряде случаев отмечено повышение уровня загрязнения продукции растениеводства ^{137}Cs. Однако имеются данные о положительном воздействии фосфорных удобрений на уменьшение поступления радионуклидов из почвы в растения, особенно на почвах с низким содержанием подвижных фосфатов.

Учитывая дефицит фосфорных удобрений и их высокую стоимость, для ведения земледелия на загрязненной территории рекомендовано обеспечить минимум фосфорных удобрений, необходимый для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур с учетом

содержания подвижных фосфатов в почве. Рекомендуется постепенное повышение содержания фосфора до оптимального уровня с приоритетом по степени загрязнения земель радионуклидами. На почвах с высоким содержанием подвижных фосфатов (более 250 мг P_2O_5 на кг почвы на минеральных и 1000 мг/кг на торфяно-болотных почвах) фосфорные удобрения не вносятся до очередного цикла агрохимического обследования.

В комплексе радиоэкологических контрмер важная роль отводится регулированию азотного питания растений. В литературе высказываются разные мнения относительно влияния азотных удобрений на поступление радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию. При недостатке доступного азота в почве сильно снижается урожай, а концентрация радионуклидов в продукции несколько повышается.

Вопрос 3

Основой реабилитации является обеспечение максимально возможной эффективности защитных мероприятий на основании принципа оптимизации их применения по радиологическим и экономическим критериям. В основе стратегии реабилитации загрязненных сельскохозяйственных земель лежат два главных положения.

Первое – охрана здоровья человека путем снижения радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции и, как следствие, доз внутреннего облучения.

Второе – возвращение к традиционным способам ведения сельского хозяйства.

Эффект от реабилитационных мероприятий может изменяться в широких пределах и зависит как от социально-экономических, так и радиологических факторов. Решение задачи оптимизации обуславливает необходимость адресного применения защитных мероприятий на основании анализа риск – выгода.

Оценка эффективности реабилитационных мероприятий в сельском хозяйстве включает следующие этапы:

– обоснование необходимости реабилитации сельскохозяйственных земель;

– классификация сельскохозяйственных земель в рамках отдельных коллективных, фермерских или частных хозяйств по степени потребности в реабилитации;

– определение перечня наиболее эффективных защитных мероприятий;

– разработка стратегий реабилитации и оценка их эффективности.

Основными критериями при обосновании необходимости реабилитации сельскохозяйственных земель является превышение санитарно-гигиенических нормативов в производимой продукции и (или) превышение дозовых нагрузок на сельское население и сельскохозяйственных работников.

Наиболее эффективные защитные мероприятия на первом этапе выбираются на основании радиологического критерия – снижения накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции после их применения. В последующем в качестве критерия может быть использовано снижение доз внутреннего облучения человека после применения защитных мероприятий или снижение коллективных доз.

Разработка стратегий применения защитных мероприятий при реабилитации сельскохозяйственных земель проводится на основании принципа оптимизации, т. е. эффективность реабилитации оценивается на основании следующих критериев: радиологических, экономических и комплексных. Классификация хозяйств по потребности в объемах и видах защитных мероприятий является основой для разработки адресных стратегий реабилитации.

Технологии ведения растениеводства на загрязненных территориях. Основой получения продукции растениеводства, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, в условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель является внедрение научно-обоснованной системы земледелия, которая включает комплекс организационных, агротехнических, мелиоративных мероприятий, усовершенствованных технологий возделывания культур.

Используются следующие приемы и способы снижения поступления радионуклидов в продукцию растениеводства:

– рациональное использование земель с учетом показателей почвенного плодородия и уровня их загрязнения радионуклидами;

– подбор видов и сортов культур с минимально возможными уровнями загрязнения;

– использование специальных технологических элементов при обработке почв;

– известкование кислых почв и внесение органических удобрений;

– применение повышенных доз фосфорно-калийных удобрений;

– использование средств защиты от болезней, вредителей и сорняков.

Одним из обязательных условий ведения растениеводства в условиях радиоактивного загрязнения является соблюдение требований технологических регламентов возделывания культур, которые в Беларуси представлены в «Отраслевых регламентах сельскохозяйственных культур».

Комплекс технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур включает размещение их по лучшим предшественникам, соблюдение сроков выполнения технологических операций, систему обработки почв и применения удобрений, подбор высокоурожайных сортов и т. п. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур на радиоактивно загрязненных землях должны, с одной стороны, обеспечивать повышение почвенного плодородия и получение высоких урожаев, а с другой – производство продукции с содержанием радионуклидов, соответствующим санитарно-гигиеническим нормативам.

*Осушение кормовых угодий***.** На осушенных территориях поступление радионуклидов в травостой зависит от положения уровня грунтовых вод (УГВ). Для большинства торфяных, торфяно- и торфянисто-глеевых почв минимальное поглощение растениями ^{137}Cs и ^{90}Sr достигается при положении уровня грунтовых вод на глубине 90–120 см от поверхности почвы. Подъем УГВ на глубину 40–50 см от поверхности почвы приводит к увеличению поступления радионуклидов в растения в 5–20 раз, а его снижение до 150–200 см – снижает переход радионуклидов в 1,5–2,0 раза (табл. 3).

Таблица 3. **Рекомендуемые диапазоны колебания уровней грунтовых вод для почв, загрязненных радионуклидами [9]**

Типы почв	Диапазоны колебания УГВ, м
Торфяные почвы, сформировавшиеся на тростниковых и осоковых отложениях и осоковых торфах, со степенью разложения 40–45 %	0,9–1,2
То же, на гипсово-осоковых торфах со степенью разложения 35–40 %	0,8–1,1
То же, на древесных торфах со степенью разложения 45–55 %	0,7–1,0
Торфяно-глеевые почвы, подстилаемые песками с глубины 0,4–0,5 м	0,9–1,2
То же, при наличии на контакте торфа с песками оглеенной прослойки	0,7–1,0
Дерново-подзолистые песчаные почвы	0,8–1,1
Дерново-подзолистые супесчаные почвы	0,9–1,3
Дерново-подзолистые легкие суглинистые почвы	1,0–1,4
Дерново-подзолистые пылеватые суглинки	0,9–1,2

На территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs более 185 кБк/м^2 в случае, когда при переустройстве осушительно-увлажнительных систем не обеспечивается регулирование УГВ,

проводится замена затворов ковшового и коробчатого типов на более совершенные. Существующая регулирующая сеть углубляется, если не обеспечивается требуемая норма осушения. Открытая мелиоративная сеть должна периодически окашиваться и подчищаться. Своевременно должна производиться промывка и ремонт закрытого дренажа.

На осушенных пойменных землях для снижения перехода радионуклидов в травы целесообразно устройство летних самотечных польдеров при соответствующем культуртехническом их обустройстве, засыпке вымоин и понижений.

Обработка почвы. На связных минеральных почвах периодически (через 4–5 лет) производится глубокое безотвальное рыхление подпахотного слоя почвы и мероприятия по организации поверхностного стока в режимах, исключающих эрозию почвы. Это стимулирует поглощение влаги корнями из подпахотного слоя почвы и снижает поступление радионуклидов в растения на 30–50 %.

Известкование кислых почв является одним из наиболее эффективных приемов снижения накопления радионуклидов в травостоях. Первоочередному известкованию подлежат почвы I–II групп кислотности. Наиболее эффективно послойное внесение извести: ½ нормы под основную обработку почвы и ½ нормы – под дискование (разделка пласта после вспашки).

При известковании повышается эффективность минеральных удобрений и возрастает продуктивность сенокосов и пастбищ. Наиболее надежным приемом снижения содержания радионуклидов в травостое при коренной агромелиорации пойменного луга служит известкование и внесение минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{90}K_{180}$. Такая технология позволяет получать за два укоса 530–550 ц/га зеленой массы с содержанием ^{137}Cs 180–190 Бк/кг. Содержание протеина в зеленой массе составляет 24–27 г/кг, каротина – 5,5–5,8 мг/кг. Качество кормов как по питательности, так и по содержанию радионуклидов можно регулировать при дробном внесении известковых материалов и минеральных удобрений в качестве подкормок при скашивании или стравливании травостоя.

В качестве специального приема на радиоактивно загрязненных кормовых угодьях рекомендуется использовать *природные мелиоранты* (палыгорскитовые глины, цеолиты, бентонит, вермикулит). При первичном загрязнении кормовых угодий радиоактивными веществами в качестве специального приема применяют *глинование* – внесение мелиорантов на поверхность загрязненной почвы и дернины (табл. 4).

Таблица 4. **Примерные дозы извести при коренном улучшении лугов на дерново-подзолистых почвах с содержанием гумуса не более 3 % (т/га)**

Гранулометрический состав почв	pH солевой вытяжки				
	4,5 и ниже	4,6	4,8	5,2	5,5
Супесчаные и легкосуглинистые	5,5	5,5	4,0	3,0	2,5
Средне- и тяжелосуглинистые	7,5	6,5	6,0	5,0	4,0

Подбор трав и травосмесей. Рекомендуется высевать травосмеси с преобладанием знаковых трав, которые накапливают в 1,5–3,0 раза меньше радионуклидов, чем бобовые культуры. Способы специальных обработок дернины и почвы (разрушение дернины дискованием, вспашка обычным и двухъярусным плугами, применение раундапа) и замена естественного травостоя сеяным злаковым понижают содержание ^{137}Cs в зеленой массе трав в 1,5–6,0 раз. При повторном применении коренного улучшения кормовых угодий его эффективность уменьшается примерно в 1,5–2,0 раза.

Луговые экосистемы характеризуются значительным разнообразием, что необходимо учитывать при разработке технологий создания культурных сенокосов и пастбищ. Луговые

экосистемы обычно подразделяют на четыре типа: суходольные, пойменные, низинные и болотные.

Суходольные луга расположены на повышенных дренированных равнинах и склонах разной крутизны, сформировавшиеся при периодически промывном, десуктивно-выпотном водном режиме. Грунтовые воды залегают на значительной глубине. В зоне аварии на ЧАЭС почвенный покров представлен дерново-подзолистыми песчаными, супесчаными или суглинистыми почвами.

Пойменные луга характерны для территорий, периодически затапливающихся на срок до 30 дней. Их формирование обусловлено паводковым водным режимом. Грунтовые воды находятся на глубине 0,5–2,5 м и ниже. Почвы аллювиальные, большей частью плодородные. При коренном улучшении пойменных лугов при первичной обработке почвы доза внесения азотных удобрений – 40–90 кг д. в. на 1 га. По традиционной технологии при перезалужении пойменных угодий вносят минеральные удобрения в дозе $N_{120–180}P_{90–120}K_{120–180}$, если в дальнейшем планируется пастбищное использование сеяных трав, а при сенокосном использовании – $N_{120–180}P_{90–120}K_{180–270}$. Для снижения накопления ^{137}Cs в травостое на пойменных лугах рекомендуется внесение сбалансированного минерального удобрения при соотношении N:P:K 2–3:1:2–3. Дозы фосфорных удобрений рекомендуется ограничить 60 кг/га д. в. Дозы калийных удобрений выше
180 кг/га д. в. не рекомендуются. Оптимальной дозой, отвечающей экологическим и экономическим требованиям, является $N_{180}P_{60}K_{180}$. На пойменных лугах, где не проводится коренное улучшение, хорошие результаты дает поверхностное известкование.

В зоне аварии на ЧАЭС преобладающими типами почв на пойменных лугах являются: пойменная аллювиальная, пойменная дерновая, торфяно-глеевая.

Пойменные луга предпочтительно использовать в качестве сенокосов. Пастбищное использование пойменных лугов на почвах с избыточным увлажнением исключается.

Низинные луга расположены в плоских понижениях на водоразделах, в долинах рек, у подножия склонов и т. д. Водный режим от умеренного до избыточного; грунтовые воды устойчивые и служат постоянным источником увлажнения почв.

Болотные луга расположены в более глубоких понижениях на водоразделах, по окраинам озер, притеррасным частям пойм рек. Водный режим – водонасыщенный или периодически водонасыщенный. Грунтовые воды залегают на глубине 0,5–1,5 м и часто выходят на поверхность. Лугово-болотные, торфянистые и торфяные почвы подлежат обязательному осушению.

В адаптивном земледелии при организации севооборотов принципиальным является формирование однородных по почвенно-ландшафтным и радиационно-экологическим условиям полей и рабочих участков, введение на каждом из них биологически правильного чередования культур по схемам, обеспечивающим получение ежегодного максимального экономического эффекта. Рабочие участки формируются на основе неоднородностей почвенного покрова с одинаковой или близкой к этому производительной способностью по отношению к отдельно взятым сельскохозяйственным культурам.

Группировка структур почвенного покрова пахотных земель по степени их пригодности для возделывания отдельных групп культур является основой для определения оптимальной структуры посевов и формирования севооборотов. Принципы построения и требования, предъявляемые к севооборотам, подходы к проектированию севооборотов, формированию полей, установлению типов севооборотов и удельного веса культур в них, а также схемы севооборотов должны быть адаптированы к условиям загрязнения пахотных земель радионуклидами.

Возделывание сельскохозяйственных культур в соответствии с законодательством Республики Беларусь разрешено на землях с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs не более 40 Ки/км^2 и ^{90}Sr не более 3 Ки/км^2 .

Подбор культур по величине накопления радионуклидов в зависимости от плотности загрязнения почв является основой для определения оптимальной структуры посевов и формирования севооборотов.

Тип севооборота для неоднородностей почвенного покрова устанавливается по соотношению величин коэффициентов контрастности каждой из культур.

*Земли с преобладанием загрязненных радионуклидами автоморфных почв***.** Пахотные земли с преобладанием автоморфных по увлажнению почв предпочтительны, особенно на суглинистых и супесчаных на моренных суглинках почвах, для размещения наиболее ценных и требовательных сельскохозяйственных культур, таких как озимая и яровая пшеница, ячмень, горох, картофель, кормовые корнеплоды, кукуруза. Возделывание на данных землях многолетних бобовых трав или смеси их со злаковыми культурами должно практиковаться с целью поддержания плодородия почвы по таким важным показателям, как содержание органического вещества и накопление биологического азота.

Земли с преобладанием загрязненных радионуклидами полугидроморфных почв. Выбор вариантов использования земель с преобладанием полугидроморфных почв (временно избыточно увлажненных, глееватых и глеевых) ограничен, с одной стороны, более высоким по сравнению с автоморфными почвами переходом радионуклидов из почвы в растения, а с другой – небольшим набором культур, устойчивых к переувлажнению. При использовании земель с участием полугидроморфных почв осложняется также проведение полевых работ, сокращается период вегетации, что затрудняет возделывание таких культур, как озимая пшеница и тритикале, яровая пшеница и ячмень, картофель, кормовые корнеплоды.

При формировании схем интенсивных плодосменных севооборотов основное внимание уделяется научно обоснованному размещению ведущих культур и срокам возврата их на прежнее место, а период ротации и размер полей должны быть подчинены этой главной задаче с учетом расчлененности территории, степени однородности почвенного покрова, других хозяйственных условий.

В почвозащитных зернотравяных и травяно-зерновых севооборотах состав и порядок чередования культур должны предусматривать, в первую очередь, сохранение почвы от разрушения и восстановление ее плодородия. Это достигается за счет повышения удельного веса многолетних трав, обеспечивающих удлинение периода, в течение которого почва находится под защитой растений и стерни, а также увеличение количества поступающих в почву растительных остатков.

В умеренно эрозионных ландшафтах со слабосмытыми почвами (на склонах до 3º) рекомендуется вводить зернотравяно-пропашные (плодосменные) севообороты с показателями противоэрозионной эффективности 0,60–0,77. Пропашные культуры могут занимать здесь до 25 %, зерновые – до 65 и многолетние травы – до 30 %.

Переспециализация хозяйств – также один из вариантов адресной реабилитации, основанной на выборе направления деятельности сельскохозяйственных организаций, расположенных на территории радиоактивного загрязнения. Осуществляется на основе метода составления программ специализации сельскохозяйственного производства, например, переспециализация хозяйства на мясное скотоводство.

Специализация растениеводства на территории радиоактивного загрязнения должна базироваться на применении адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих высокую урожайность с минимальными трудовыми и энергетическими затратами. При изменении специализации хозяйства важным звеном в растениеводстве является анализ существующей и разработка новой структуры посевных площадей. Структуру посевных площадей уточняют с учетом потребностей в товарной продукции растениеводства, кормопроизводства и межхозяйственного кооперирования и уровня радиоактивного загрязнения.

Для отрасли растениеводства на загрязненной территории можно выделить несколько основных направлений специализации: семеноводство, кормопроизводство, производство технических культур.

Для отрасли животноводства на загрязненной территории можно выделить несколько основных направлений специализации: молочное, специализированное мясное, выращивание и откорм молодняка КРС, выращивание нетелей, коневодство и свиноводство. При выборе направления специализации хозяйств должны учитываться следующие технологические факторы: уровень радиоактивного загрязнения продукции животноводства; состояние кормовой базы; существующий уровень производства продукции в хозяйстве; обеспеченность кадрами.

Лекция №13

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВЕ

1 Виды и источники поступления стойких органических соединений в почву.
2.Технологии детоксикации почв, загрязненных органическими соединениями...

Вопрос 1

Стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) – органические токсические загрязняющие вещества и смеси, существующие длительное время в биосфере и благодаря этому своему качеству оказывающие сильное негативное воздействие на живые организмы.

В настоящее время описано свыше 18 миллионов искусственных синтетических химических веществ. Из них от 50 000 до 100 000 реально используются в промышленных целях.

Большинство синтетических органических соединений появилось в XX столетии. Их массовое производство началось с 30-х гг. прошлого столетия, и с тех пор оно только возрастает. Так, суммарное мировое производство увеличилось с 150 тыс. т в 1935 г. до более 150 млн. т синтетических материалов в начале 1995 г.

Из тысячи известных токсичных загрязнителей окружающей среды около половины содержат хлор. Хлор используют при производстве пластмасс, например, ПВХ; при производстве четыреххлористого углерода и различных растворителей; хлор используют в процессе отбеливания бумаги и для очистки питьевой воды.

Что такое стойкие органические соединения? Это многочисленные соединения, такие как различные краски, дезинфицирующие средства, добавки в пластмассы, металлорганические соединения и пестициды, попадающие в окружающую среду в больших количествах. Атомы хлора в молекулах загрязнителей придают им дополнительную стабильность и стойкость, способность к биоаккумуляции. В природе в чистом виде хлор практически не встречается, но, обладая высокой химической активностью, является основой для большинства синтетических химических веществ. Многие химические вещества, содержащие хлор, представляют значительную ценность для медицины, торговли и не опасны для окружающей природной среды и здоровья. В то же время многие из хлорсодержащих веществ, включая и большинство *стойких органических загрязнителей* (СОЗ), чрезвычайно вредные. К ним относятся органические вещества, которые:

– обладают токсическими свойствами;

– являются стойкими;

– биологически аккумулируются;

– предрасположены к трансграничному атмосферному переносу на большие расстояния и осаждению;

– по всей вероятности могут вызвать значительные негативные последствия для здоровья человека или окружающей среды вблизи и вдали от их источников.

Стойкие органические загрязнители плохо разрушаются, все более широко распространяются в окружающей среде, обладают способностью накапливаться в жировых клетках живых организмов и в богатых углеродом системах, которыми являются почва и донные отложения, токсичны для человека и природы. Чем холоднее климат, тем меньше они испаряются, в результате чего накапливаются в почве и других объектах окружающей среды. СОЗ способны мигрировать во всех составляющих биосферы – и в воде, и в воздухе, и в почве. Выброс в атмосферу может привести к попаданию веществ с осадками в водоемы и на почву, испаряясь с поверхности воды, снова оказываются в воздухе и т. д., образуя замкнутый круг, разорвать который весьма сложно. Таким образом, никакое государство не застраховано от поступления СОЗ с водными и воздушными массами с сопредельных и даже значительно удаленных территорий, поэтому они присутствуют повсеместно.

На сегодняшний день последствия химической революции для человечества очевидны – от пластиковых изделий до пестицидов. Многие из этих синтетических соединений помогли увеличить уровень производства продуктов питания, защитили здоровье людей, сделали возможным существование удобств современной жизни. Но за успехи заплачена большая цена. В организме каждого из нас сейчас содержится приблизительно 500 антропогенных химических веществ – потенциальных ядов, которые не существовали до 1920 г. Многие из них – СОЗ, среди которых диоксины, ПХБ и ДДЭ – высокостойкий продукт разложения ДДТ.

Из этих 60 тыс. особо опасных химических веществ было выбрано 12 стойких органических загрязнителей (СОЗ), так называемая «*грязная дюжина*». Именно эти 12 СОЗ стали предметом Конвенции, принятой в мае 2001 г. в Стокгольме и получившей название Стокгольмской конвенции.

Список 12 особо опасных для природы и человека токсикантов включает в себя следующие вещества:

1) дихлор-дифенил-трихлорэтан (ДДТ) – $C_{14}H_9Cl_5$;
2) алдрин – $C_{12}H_8Cl_6$;
3) диэлдрин – $C_{12}H_8Cl_6O$;
4) эндрин – $C_{12}H_8Cl_6O$ (стереоизомер диэлдрина);
5) хлордан – $C_{10}H_6Cl_8$;
6) мирекс – $C_{10}Cl_{12}$;
7) токсафен – $C_{10}H_{10}Cl_8$;
8) гептахлор – $C_{10}H_5Cl_7$;
9) полихлорбифенилы (ПХБ) – $C_{12}H_{(10-n)}Cl_n$;
10) гексахлорбензол (ГХБ) – C_6Cl_6
11) полихлордибензодиоксины (ПХДД) – $C_{12}H_{(8-n)}Cl_nO_2$;
12) полихлордибензофураны (ПХДФ) – $C_{12}H_{(8-n)}Cl_nO$.

Необходимо отметить, что пункты 9, 11 и 12 – это не конкретные соединения, а целые группы высокотоксичных соединений.

Одним из источников загрязнения окружающей среды (суперэкотоксикантами) является применение ядохимикатов в сельском хозяйстве, поскольку не существует нетоксичных для человека пестицидов.

По данным американских ученых, 60 % всех гербицидов, 90 % фунгицидов и 30 % инсектицидов вызывают опухоли у животных. Многие из этих веществ помимо высокой токсичности обладают ярко выраженными кумулятивными свойствами, последствия которых проявляются в изменении иммунологического статуса организма, мутагенном и тератогенном действии. Свободный или слабо связанный хлор никогда не встречается в природе.

Хлорорганические пестициды (ХОП) представляют собой твердые вещества, имеющие высокую термическую стабильность и плохую растворимость в воде, но хорошую растворимость в органических растворителях и жирах.

Отличительной особенностью ХОП является присутствие в молекулах бензольных колец. Период полураспада в почве большинства хлорорганических пестицидов превышает полтора года, а в случае ДДТ и дильдрина – 15–20 лет.

Несмотря на то, что ХОП имеют низкое давление насыщенных паров, они испаряются с поверхности почвы и воды в воздух. При концентрации ДДТ в почве 10 мкг/г и температуре 30 ºС средняя скорость испарения составляет $6{,}3 \cdot 10^{-6} – 9 \cdot 10^{-5}$ мг/(см^2 · ч). Большие количества ХОП попадают в атмосферу при использовании сельскохозяйственной авиации. С воздушными потоками они переносятся на тысячи километров. Так, фоновые концентрации гексахлорциклогексана (ГХЦГ) в атмосферном воздухе над Атлантическим и Тихим океанами составляют 0,4–0,6 нг/м^3, а ДДТ – 0,03–1 нг/м^3. Максимальные концентрации ХОП в воздухе обнаружены в теплый период с пиковыми значениями весной и осенью. В последние годы наблюдается уменьшение концентрации хлорорганических пестицидов в воздухе над европейской территорией России и стабилизация уровня в ее азиатской части.

Поэтому некоторые его соединения вызывают у живых организмов непредсказуемые реакции. Обострение экологической ситуации в ряде регионов во многом связано с недооценкой опасности высокотоксичных хлорорганических пестицидов (ХОП). Продолжается производство и применение гексахлорана, дихлоранилина, линдана, альдрина, гептахлора, 2,4-Д. Применение стойких хлорорганических соединений является классическим примером того, насколько осторожным должно быть вмешательство человека в природные процессы. Хлорорганические пестициды крайне медленно разлагаются под влиянием физических, химических, микробиологических факторов и передаются по пищевым цепям, накапливаясь в опасных количествах в живых организмах.

Из-за высокой гидрофобности ДДТ и другие ХОП в большинстве своем не способны к транслокации в растительности через корневую систему, но зато хорошо поглощаются листьями и побегами из воздуха.

Наиболее распространенными механизмами разрушения ХОП в окружающей среде являются фотохимические реакции и процессы метаболизма с участием микроорганизмов.

При этом образуются различные вещества, и некоторые из них могут оказаться более опасными для живых организмов, чем их предшественники.

Загрязнение водных объектов ХОП обусловлено главным образом поверхностным стоком загрязняющих веществ, а также их осаждением из атмосферы. Попадая в водоемы, ХОП сравнительно быстро перераспределяются между водой и донными отложениями.

Почва также является местом накопления значительного количества ХОП. При этом формирование концентраций ХОП в почвах связано как с интенсивностью их использования в сельском хозяйстве, так и с атмосферным переносом от антропогенных источников.

Таким образом, масштабы антропогенного загрязнения окружающей среды ХОП, их миграция и замедленный метаболизм в природных объектах, биоаккумуляция обуславливают необходимость организации постоянного эколого-аналитического мониторинга этих соединений.

Для синтетических хлорированных пестицидов характерно:

– развитие резистентности вредителей к этим препаратам;

– устойчивость пестицидов в природной среде и накопление их в возрастающих концентрациях в организмах;

– возрождение вредителей и вторичные вспышки их численности;

– рост материальных затрат на применение пестицидов;

– нежелательные воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

Снизить риск, связанный с воздействием СОЗ на окружающую среду и человека, можно, добившись запрещения производства и использования опасных химикатов. Однако некоторые СОЗ продолжают играть важную роль в экономике многих стран. Поэтому до полного отказа от СОЗ необходимо найти альтернативные, нетоксичные вещества.

Вопрос 2

По состоянию развития технологии восстановления загрязненных почв делятся на принятые и новые.

Принятыми считаются технологии, которые применяются в полном масштабе для восстановления загрязненных территорий.

Обработка участка по новым технологиям может привести к таким же результатам, как и по уже принятым, но при меньших затратах, или новые технологии могут оказаться более эффективными, чем принятые при тех же затратах.

По способу применения технологии обработки загрязненного участка могут быть *in situ* и *ex situ* [15].

In situ – загрязненный участок обрабатывается на месте (отсутствует изъятие загрязненной почвы).

Ex situ – обработку изъятой загрязненной земли производят на специальном оборудовании, и при этом имеются два типа обработки: *on site* и *off site*.

On site – производят выкапывание загрязненной почвы и обрабатывают ее на той же территории.

Off site – производят выкапывание и транспортировку загрязненной почвы на специальный участок для очистки или регулируемого захоронения.

В зависимости от применяемых процессов технологии восстановления бывают: биологические; физические, химические, физико-химические; термические; комбинированные.

Биологические технологии. Основой биоразложения загрязняющих веществ является метаболическая активность микроорганизмов. Биоразложение завершается полной минерализацией или частичным разложением как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Чтобы ускорить биоразложение, прибегают к стимулированию природных микроорганизмов.

Преимущества данных технологий:

– биологическому разложению подвергаются очень многие органические соединения;
– биологические процессы применимы во всех средах;
– стоимость биологических процессов меньше стоимости других технологий.

Ограничения:

– биологические процессы всегда являются медленной обработкой почвы;
– требуют очень подробного изучения участка.

Виды технологий биологического восстановления: бионасыпи, биовосстановление в жидкой фазе с образованием биовзвеси, компостирование – *ex situ*; биовентилирование, усиленное биовосстановление, отслеживаемое естественное ослабление загрязнения (его рассеяние и разложение), фитовосстановление – *in situ*.

Физические и физико-химические технологии.

Особенности:

– используются физические свойства загрязнителей или загрязненной среды;
– запускается физический механизм фазового переноса загрязнения;
– никакой модификации химической структуры загрязнителя не происходит.

Преимущества заключаются в том, что обрабатывается множество загрязнителей; применима ко всем средам; более низкая относительная стоимость.

Недостатки:

– зачастую не устраняет загрязнение, а лишь переносит его;
– остатки загрязнителя требуют дополнительной обработки.

Химические технологии – химическая структура, а вслед за этим поведение загрязнения изменяются в химических реакциях. Характеризуются быстротой обработки, возможностью уничтожения множества загрязнителей, применимы ко всем средам.

Виды физических и химических технологий:

1) система регулируемого захоронения загрязненной почвы с ее укрыванием (*in* или *ex*);
2) химическое дегалогенирование почвы (*ex* или *in*);

3) электрокинетическое восстановление почвы (*in*);

4) экстракция почвы паром (*in* или ex);

5) промывание почвы на месте загрязнения (*in*);

6) отмывание извлеченной почвы (*ex*);

7) окисление загрязнений в извлеченной почве водой в сверхкритическом состоянии (*ex*);

8) экстракция извлеченной почвы растворителем (*ex*);

9) использование сольватированных электронов при обработке извлеченной почвы (*ex*);

10) удаление токсикантов обработкой извлеченной почвы на солнечном свету (*ex*);

11) отвердение или стабилизация загрязненной почвы (*in* или *ex*).

Термические технологии имеют ряд преимуществ:

– быстрая обработка загрязненной почвы;

– применимы к органическим загрязнениям и твердым отходам, значительное снижение объемов.

Ограничения:

– технологии не применимы к неорганическим загрязнениям, к жидким и газообразным средам;

– остатки загрязнений требуют дополнительной обработки;

– эффективность зависит от загрязнителя;

– относительная стоимость выше стоимостей других технологий.

Типы термических технологий:

1) системы сжигания (*ex*);

2) системы термической десорбции (*in* или *ex*);

3) пиролиз (*ex*);

4) системы, использующие плазменную дугу (*ex*);

5) остекловывание (*in* или *ex*).

Выбор технологии восстановления почвы.

На первом этапе определяются характеристики участка и очищаемой почвы, а также размеры и уровень загрязнения. Идентифицируется ключевое соединение или группа соединений.

На втором этапе изучается информация, относящаяся к установленному типу загрязнения, характеристикам участка и исследованиям по различным технологиям очистки, осуществленным в промышленном масштабе.

На третьем этапе проводят лабораторные испытания для отбора технологий. Они могут дать некоторые ключевые параметры, например, подверженность токсиканта биологическому разложению, сорбционные характеристики почвы.

В дальнейшем оценивают необходимость предварительной обработки и (или) постобработки почвы или других загрязненных сред.

Как только вся информация собрана, принимается решение о тех технологиях, которые могут быть применены для обработки выбранного участка.

Как правило, *рекультивация* загрязненных земель проводится после того, как территория, предназначенная для восстановления, будет очищена от загрязняющих веществ. Поэтому, прежде чем приступить к рекультивации загрязненных земель конкретного участка, необходимо выполнить предварительный цикл работ, связанных с обезвреживанием (*нейтрализацией* или *детоксикацией*) и удалением из экосистемы загрязняющих веществ. Этот нулевой цикл технологии рекультивации земель специалисты стали называть *ремедиацией*. Ремедиация, как правило, проводится без изъятия почвы, т. е. на месте (*in situ*).

Нулевой цикл работ при рекультивации загрязненных земель включает целый комплекс технологических стадий, целью которых является обезвреживание (нейтрализация, детоксикация) загрязняющих веществ, локализация их в форме инертных соединений, выведение

остатков подвижных соединений из экосистемы, их сбор в специальные емкости с последующим захоронением или уничтожением в стационарных условиях.

На практике применяется много разнообразных способов ремедиации или очищения почв от загрязняющих веществ, которые можно объединить в четыре основных группы: *механические, биологические, химические, физические*. По причине существования как достоинств каждого из методов, так и недостатков или ограничений на практике часто необходимо их комбинирование. В зависимости от особенностей нахождения загрязнителей и объекта очистки могут быть предложены несколько схем комплексирования методов очистки почв и грунтов. Для ремедиации почв могут применяться следующие схемы *in situ*: 1) химическая нейтрализация + выщелачивание (или растворение) +
+ удаление продуктов с раствором; 2) обработка десорбентами (физико-химические способы) + биодеградация + вынос продуктов с раствором; 3) химическое или физическое (термическое) отверждение на месте + биодеградация + создание защитного экрана; 4) термическая деструкция + выщелачивание + вынос продуктов с раствором.

Наиболее простые – *механические* способы ремедиации, сводятся к перемещению загрязненных почв в места их захоронения или специальной обработки в установках для нейтрализации или локализации токсичных веществ. Иногда применяется метод засыпки загрязненной поверхности слоем чистой почвы, взятой, к примеру, на месте будущей строительной площадки. Развитие технологий производства полимеров позволяет использовать специальные полимерные защитные экраны для изоляции загрязнения.

Биологические способы ремедиации используют активность живых организмов для очищения загрязненных почв от токсикантов. Некоторые растения и, в особенности, микроорганизмы разных таксонометрических групп (бактерии, актиномицеты, микроскопические грибы) в результате последовательных как анаэробных, так и аэробных превращений способны полностью минерализовать ПХБ.

Специальные штаммы микроорганизмов – расщепляют сложные органические вещества на нейтральные безвредные или легко удаляемые компоненты.

Одним из признанных направлений является выделение из загрязненных почв микроорганизмов-деструкторов.

При относительной дешевизне и кажущейся естественности такого подхода имеется ряд неопределенностей и сложностей при его использовании для очистки почв, загрязненных ПХБ. Это, прежде всего, образование в процессе микробиологического разложения ПХБ различных промежуточных веществ (метаболитов), ранее неизвестных, трудно обнаруживаемых и, возможно, не менее токсичных, чем ПХБ. Также невозможно применение этого способа при экстремально высоких уровнях загрязнения. Кроме того, имеется мнение, что микроорганизмы не расщепляют молекулы ПХБ, а внедряют в свои клетки и тем самым на какое-то время происходит их маскирование, а после гибели клетки ПХБ высвобождаются.

Известны способы *фитомелиорации* загрязненных земель с помощью подбора специальных видов растений-накопителей загрязняющих веществ. По окончании вегетационного периода растения-мелиоранты вместе с поглощенными загрязняющими веществами удаляются из почвы и направляются в места их термической или химической нейтрализации. В случае с ПХБ технологии практически не разработаны в связи с малой изученностью вопроса.

Физические способы ремедиации загрязненных почв основаны на применении физических воздействий: термическая обработка, высокочастотные воздействия, вакуумная откачка, промывка водой или специальными растворами, поверхностно-активные веществами, сорбентами.

Очевидно, что при таких способах требуются значительные затраты энергии и специальное оборудование, поэтому они довольно дорогие, и необходимы дополнительные мероприятия по восстановлению почв.

Химические способы нейтрализации токсичных веществ основаны на внесении в почву химических мелиорантов, способных взаимодействовать с загрязняющими веществами и переводить их в нейтральные или легко удаляемые из почвы соединения.

Лекция №14

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

1.Влияние загрязнения почвы на урожай сельскохозяйственных культур.
2 Экологическое нормирование загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами.
3 Мероприятия по реабилитации земель, загрязненных тяжелыми металлами.

Вопрос 1

На продуктивность растений оказывают влияние множество факторов. Основными из них являются влага, тепло, элементы питания. В последнее время в научной и специальной литературе появились сведения о влиянии на нее экологической ситуации и, в частности, загрязнения среды обитания токсичными элементами. Влияние тяжелых металлов (ТМ) на урожай неоднозначно. Некоторые элементы имеют весьма значительное позитивное значение, но только в тех концентрациях, в которых они необходимы живым организмам, поэтому и получили название микроэлементов. Они входят в состав ферментов, витаминов и других биологически активных веществ, влияют на процессы синтеза органических соединений. Однако при превышении определенных концентраций они становятся токсичными. Причем токсичность ТМ существенно зависит от вида загрязнителя. Другие элементы практически не оказывают положительного влияния на жизнедеятельность растений, так как не являются жизненно необходимыми и даже в небольших концентрациях действуют на них угнетающе (кадмий, ртуть, свинец и некоторые другие). На основе обобщения литературных данных можно отметить, что по отклику растений на действие ТМ последние можно разбить на две группы (рис. 1).

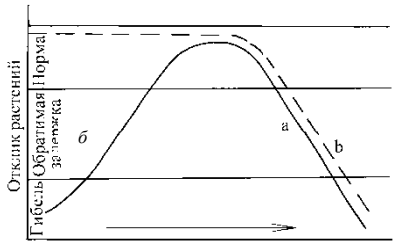

Рис. 1. Отклик растений на действие тяжелых металлов :
а – микроэлементы имеющие жизненно важное значение;
б – металлы не имеющие жизненно важного значения

Воздействие первой группы тяжелых металлов до определенного уровня концентрации приводит к росту урожайности (рис. 1, *а*). При дальнейшем увеличении концентрации ТМ в почве проявляется их фитотоксичность и урожайность сельскохозяйственных культур начинает снижаться.

Вторая группа ТМ даже в малой концентрации их в почве практически не приводит к увеличению урожайности (рис. 1, *б*).

В связи с тем, что почва обычно загрязняется несколькими видами ТМ, для анализа уровня загрязнения удобнее пользоваться не концентрацией определенных загрязнителей, а комплексными показателями, например, суммарным индексом загрязнений ТМ.

$$Z_c = \sum_{i=1}^{n} K_{ci} - (n-1), \quad (1)$$

где Z_c – суммарный индекс загрязнений почвы ТМ;

n – число определяемых металлов;

K_{ci} – коэффициент концентрации i-го металла, равный отношению содержания металла в почвах обследованной территории к фону (кларку).

Учитывая многофакторность процесса воздействия ТМ на урожай, причем эти факторы в различных сочетаниях действуют неоднозначно, для практического анализа можно использовать эмпирические корреляционные зависимости от основных факторов воздействия ТМ на растения. В частности, как показывают исследования кафедры мелиорации и водного хозяйства Белорусской сельскохозяйственной академии, зависимость урожая от суммарного индекса загрязнения почвы (с учетом влияния основного загрязняющего ТМ), вполне удовлетворительно аппроксимируется уравнением вида

$$У = a\ Z_c^2 + в\ Z_c + c, \quad (2)$$

где *а, в и с* – коэффициенты регрессии, которые приведены в табл. 1.

Опытным путем установлено, что медь и даже цинк в малых концентрациях дают прибавку урожая (хотя цинк и относится к ТМ первого класса опасности), в то время как свинец и особенно кадмий практически однозначно способствуют угнетению растений (вторая группа, рис. 1, *б*).

Таблица 1. **Значения эмпирических коэффициентов *а, в* и *с* в уравнении 2**

Элемент-загрязнитель	*а*	*в*	*с*	*R*
Однолетние травы (бобово-злаковая смесь)				
Медь	–0,0039	–0,419	49,02	0,93
Цинк	–0,0016	–0,141	51,12	0,96
Свинец	–0,0043	–0,391	40,08	0,92
Кадмий	–0,0015	–0,068	39,73	0,95
Многолетние травы (первый укос)				
Медь	–0,0014	0,049	5,33	0,91
Цинк	–0,0082	0,076	4,81	0,89
Свинец	–0,0002	–0,055	4,87	0,93
Кадмий	6E-05	–0,0216	5,66	0,94
Многолетние травы (второй укос)				
Медь	0,0002	–0,0318	4,78	0,92
Цинк	–0,0065	0,095	4,04	0,93
Свинец	–0,0024	–0,058	4,45	0,97
Кадмий	6E-05	–0,016	4,14	0,96
Многолетние травы (третий укос)				
Медь	–0,0001	–0,0009	3,39	0,95
Цинк	–0,0002	–0,043	3,29	0,96
Свинец	0,0016	–0,071	3,34	0,96
Кадмий	7E-05	–0,016	2,75	0,97
Многолетние травы (за вегетацию)				
Медь	–0,0014	0,023	13,49	0,93
Цинк	–0,0092	0,083	12,24	0,96
Свинец	–,0014	–0,217	12,72	0,89
Кадмий	0,0002	–0,054	12,44	0,91

Загрязнение почвы тяжелыми металлами оказывает влияние и на качество урожая. Качество урожая, получаемое на загрязненных ТМ землях, определяется концентрацией загрязнителей в растениях (в тех их частях, которые используются в пищевой цепи).

Поглощение химических элементов, в том числе и тяжелых металлов, в значительной степени регулируется самими растениями. Причем в связи с различным строением и химическим составом клеточных оболочек у различных растений поглощение этих элементов также происходит по-разному. Однако эта саморегуляция поглощения отмечается только при питании из уравновешенных растворов с относительно низкой концентрацией химических элементов. Кроме того, благодаря буферным свойствам почвы, небольшая концентрация ТМ в ней практически не оказывает негативного влияния на растения.

С увеличением концентрации ТМ нарушается и саморегуляция поглощения загрязнителей растением. Однако часть ионов растение способно перевести в менее активное состояние до проникновения в корни с помощью корневых выделений и абсорбировать их на внешней поверхности корней. Вместе с тем часть химических элементов попадает в корень, где некоторое их количество абсорбируется на стенках. Другая их часть участвует в метаболизме корней. Для проникновения в клетки листа тяжелым металлам необходимо вновь преодолеть клеточную мембрану, т. е. и здесь, как и в корнях, действует механизм избирательного поглощения.

Помимо рассмотренных выше механизмов защиты от избытка ТМ, в условиях загрязнения растение может усиленно формировать корневую систему за счет сокращения биомассы надземных органов.

Однако растения успешно справляются с избытком ТМ только при относительно небольшой их концентрации. При содержании этих элементов на уровне фона происходит активное поглощение ионов. Учитывая малую подвижность большинства ТМ, поглощению должна предшествовать мобилизация прочносвязанных металлов. На рис. 2 это показано отрезком *а*.

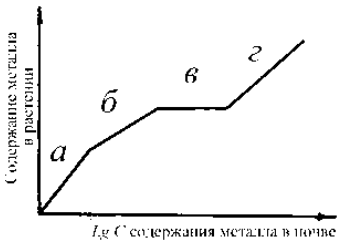

Рис. 2. Поступление металла в растение в зависимости от его содержания в почве

При концентрациях ТМ в корнеобитаемом слое, значительно превышающих пределы закрепления за счет внутренних ресурсов почвы, в корни поступает такое количество металлов, которые мембраны удержать уже не смогут. В результате этого поступление ионов или соединений тяжелых металлов перестает регулироваться клеточными механизмами, происходит нарушение нормального функционирования мембран и дисбаланс в составе поглощаемых ионов (рис. 2, отрезки *в* и *г*).

В качестве иллюстрации на рис. 3 приведены результаты опытов по определению накопления ТМ в однолетних травах в зависимости от уровня загрязнения почвы.

Как видно из приведенных данных, в целом выдерживается закономерность, представленная на рис. 2, которую с вполне удовлетворительной точностью можно аппроксимировать уравнением вида

$$C_p = a_1 Z_c^2 + в_1 Z_c + c_1 \qquad (3)$$

где $C_р$ – концентрация тяжелых металлов в растениях, мг/кг;
a_1, $в_1$ *и* c_1 – коэффициенты для различных преобладающих загрязнителей.

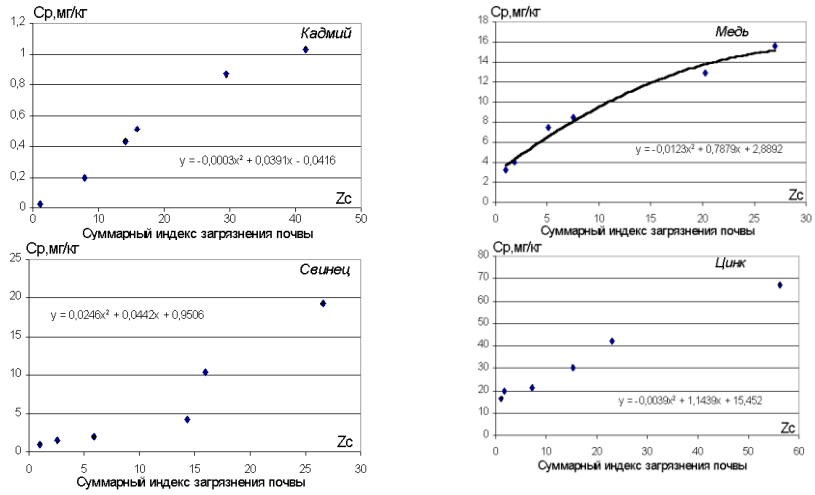

Рис. 3. Динамика накопления тяжелых металлов в однолетних травах (бобово-злаковая смесь) в зависимости от уровня загрязнения почвы

В вегетационные части растений ионы металлов поступают в основном апоплазматическим путем, а в репродуктивные – симплазматическим, что обуславливает различное накопление их в корнях, стеблях, листьях и репродуктивных органах. Этим также обуславливается механизм защиты растений от токсикантов, выработанный в процессе эволюции.

Вопрос 2

загрязнение природной среды в результате хозяйственной деятельности обуславливает необходимость не только отслеживания источника загрязнений, но и моделирование поведения загрязняющих веществ в экологической системе, проведение целенаправленных исследований. В этом плане весьма значимым является система критериев для оценки состояния окружающей природной среды.

Научные исследования этой проблемы направлены на установление критических значений для отдельных компонентов экосистемы, которые определяют область ее нормальных состояний. В связи с этим основная задача, которая решается при разработке экологического нормирования, заключается в определении множества таких значений, при которых экосистема не выходит из заданных состояний. Фактически возникает необходимость в определении предельно допустимых нагрузок.

Определение предельно допустимых нагрузок базируется на концепции устойчивости экосистем и связанных с нею принципах ранжирования нарушения экосистемы по глубине и необратимости. Для определения величины показателей экосистемы Y, соответствующей различным величинам антропогенной нагрузки X на эту экосистему, в экспериментах исследуются функции $Y = f(x)$.

Как правило, эти связи нелинейные и, как указывают авторы работы [12], имеют форму логистической кривой, описываются функцией Ричардса

$$Y(x) = a_1/(1 + b \exp(-|\alpha + \beta x|)) + a_o, \quad (4)$$

где a_1 – координата верхней асимптоты логистической кривой (x_{max});
a_o – координаты нижней асимптоты (x_{min});
b, α, β – коэффициенты, описывающие положение и крутизну логистической кривой.

Для выделения качественных различных состояний экологической системы, связанных с изменениями нагрузки на нее, рекомендуется выполнить анализ дифференциальных производных $Y(x)$.

Переходя от концептуально расширенной трактовки этого положения конкретно к сельскохозяйственному производству, можно предположить, что высокие техногенные нагрузки на агроландшафты способствуют загрязнению воздуха, воды и почвы, что приводит к снижению продуктивности агроценозов. Это проявляется, в первую очередь, в падении урожайности и ухудшении качества продукции. Графическая интерпретация этой гипотезы представлена на рис. 4, *а*.

Как видим, зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от уровня загрязнения почвы носит нелинейный характер. Это подтверждают многочисленные исследования, выполненные в различных природно-климатических условиях. Анализируя первую производную функцию $y = f(Z)$, можно установить уровень загрязнения почвы тяжелыми металлами, соответствующий максимальной урожайности $У_{max}$. На рис. 4, *а* первое критическое значение индекса загрязнения обозначено $Z_{опт}$. При значениях $Z \le Z_{опт}$ экологическая система функционирует нормально.

Таким образом, на первом уровне антропогенное воздействие на агроландшафт (агротехника, внесение удобрений, средств химической защиты растений и т. д.) способствует увеличению урожайности сельскохозяйственных культур, которая при значении индекса загрязнения почвы $Z_{опт}$ достигает максимального значения $У_{max}$.

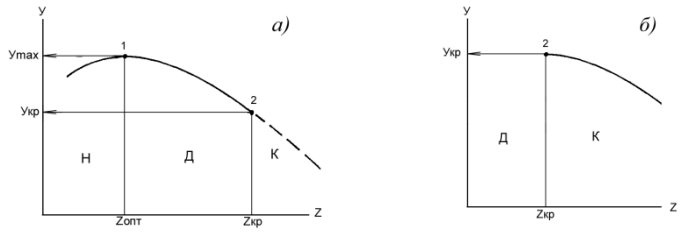

Рис. 4. Зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от индекса суммарного загрязнения почвы

Из анализа рис. 4, *а* также следует, что при дальнейшем увеличении антропогенного воздействия урожай снижается. Снижение урожайности сельскохозяйственных культур сопровождается, как правило, ухудшением качества продукции растениеводства, т. е. при значениях $Z \ge Z_{опт}$ проявляется токсичное действие микроэлементов. В настоящее время опубликовано много работ о вредном действии тяжелых металлов на растения, однако, природа этих эффектов изучена еще недостаточно. Оценка токсичных концентраций и действия микроэлементов на растения очень сложная задача, потому что она зависит от множества факторов, которые нельзя сопоставить в единой линейной шкале.

важным свойством растений является толерантность, т. е. способность сохранять жизнедеятельность в условиях избытка микроэлемента в почве. Высшие растения достаточно устойчивы к повышенным концентрациям микроэлементов, в том числе тяжелых металлов. Они способны накапливать эти металлы и развиваться на почвах с высоким уровнем загрязнения.

Развитие толерантности к металлам происходит довольно быстро и, как известно, имеет генетическую основу. Эволюционные изменения, вызванные тяжелыми металлами, обнаружены у большинства видов, произрастающих на загрязненных территориях от популяций тех же видов, растущих на обычных почвах.

Накапливаясь в растениях, тяжелые металлы делают продукцию растениеводства непригодной к употреблению. По этой причине возникает необходимость нормирования их содержания в компонентах окружающей среды.

Нормативы токсичных веществ легче установить для гомогенных средств (вода, воздух) и значительно сложнее для гетерогенных, к которым относятся почвы. Подтверждением этому являются разработанные предельно-допустимые концентрации тяжелых металлов для воздуха, воды, продуктов питания и продолжающиеся дискуссии о подходах к разработке ПДК в почвах. Для определения предельно-допустимых концентраций тяжелых металлов в почве имеет место не конкретное критическое значение, а скорее критическое поле значений, так как любой результат почвенных исследований носит вероятностный характер.

Для обоснования предельно-допустимого уровня загрязнения почвы необходимы основные показатели количества и качества биологической продукции. При этом количество продукции может быть охарактеризовано урожайностью сельскохозяйственных культур, а качество – предельно допустимыми концентрациями загрязняющего вещества в растениях. Поэтому, исследуя транслокационные показатели, характеризующие переход загрязняющих веществ из почвы в растения, можно установить границу второго уровня функционирования экосистемы.

На рис. 5, *а* эта граница проходит через точку *2*, которой соответствует уровень загрязнения почвы тяжелыми металлами $Z_{кр}$, а получаемый при этом уровне урожай $У_{кр}$ по содержанию загрязняющих веществ не превышает предельно допустимых концентраций.

С учетом вышеизложенного можно отметить, что второму уровню функционирования экосистемы соответствует диапазон значений Z, изменяющихся в пределах от $Z_{опт}$ до $Z_{кр}$, т. е. $Z_{опт} < Z \le Z_{кр}$. Логика подсказывает, что этот уровень фукционирования экосистемы характеризуется как допустимый (Д).

При значениях $Z > Z_{кр}$ продуктивность угодий резко падает. Кроме снижения урожайности ухудшаются и качественные показатели растениеводческой продукции, так как содержание загрязняющих веществ превышает ПДК. Этот уровень функционирования экосистемы правомочно охарактеризовать как критический (К). Для него необходимо разрабатывать модели реабилитации почв.

Изложенная выше методика нормирования загрязнения почвы тяжелыми металлами прошла апробацию на мелиорируемых агроландшафтах Южной зоны Нечерноземья Российской Федерации. При этом было установлено, что автоматический перенос ее на мелиорируемые объекты Республики Беларусь приведет к погрешностям. Это потребовало проведения дополнительных исследований и, прежде всего, на агроландшафтах с крупными животноводческими комплексами, которые являются источниками загрязнения окружающей среды.

При разработке рабочей гипотезы исходили, прежде всего, из того, что тяжелые металлы неодинаково проявляют свое токсическое действие на растение. Был использован подход, который заключается в том, что экотоксиканты условно можно разбить на две группы:

– *а* – микроэлементы, имеющие важное жизненное значение;

– *б* – металлы, не имеющие важного жизненного значения.

Для металлов первой группы остаются в силе подходы к разработке нормирования, изложенные выше и предполагающие наличие трех уровней функционирования агроландшафтов (нормального, допустимого и критического).

В отношении металлов второй группы таких уровней можно выделить два – допустимый и критический (см. рис. 4, *б*). Это связано с тем, что металлы этой группы не имеют важного жизненного значения, а их наличие даже в незначительных количествах ухудшает качество продукции и наносит вред живым организмам, потребляющим ее. По мере того, как накапливаются факты отрицательного воздействия химических элементов на растительный и животный мир, эти вопросы становятся особенно актуальными, так как растения находятся в начале биохимической пищевой цепи.

Исследованиями установлено, что внесение солей тяжелых металлов, для создания различных уровней загрязнения почвы, приводило к существенному увеличению содержания наиболее агрессивных (подвижных) форм цинка, меди, свинца. Разная по степени загрязнения дерново-подзолистая почва оказывала отрицательное влияние на урожайность зерна яровой пшеницы и зеленой массы горохо-овсяной смеси. В среднем за два года исследований на максимально загрязненных фонах Zn, Cu, Pb снижение сбора зерна было в пределах 14–26 %, а зеленой массы – 13–16 %.

Результаты расчетов показывают, что загрязнение почвы тяжелыми металлами достоверно коррелирует с урожаями сельскохозяйственных культур. Данные исследования подтверждают гипотезу об угнетающем действии загрязнения почвы на растения. При этом в полученных данных наибольшее снижение продуктивности установлено при загрязнении почвы свинцом, затем медью и только потом цинком. Чтобы получить критические значения по предложенным шкалам нормирования, были проанализированы дифференциальные производные функциональной зависимости урожайности от индекса загрязнения почвы ТМ $Y = f(Z)$, полученной в результате постановки модельного эксперимента.

Из условия равенства первой производной нулю установлены оптимальные ($Z_{опт}$) значения индекса загрязнения почвы, при которых достигается максимальная урожайность (Y_{max}). Значение критической урожайности, при которой содержание экотоксикантов в выращенной продукции превышает ПДК, было установлено в результате анализа взаимосвязи содержания загрязняющих веществ в растениях с индексами загрязнения почвы. В табл. 2 приведены оптимальные и критические значения индекса загрязнения почвы и соответствующая этим значениям урожайность.

Таким образом, на формирование урожая сельскохозяйственных культур наряду с показателями тепловлагообеспеченности вегетационного периода, которые определяют водно-воздушный и температурный режимы почвы, оказывает влияние и загрязнение почвы экотоксикантами. Эта закономерность наблюдалась для всех изучаемых культур и особенно выражена для свинца.

Таблица 2. **Значения индекса загрязнения почвы и соответствующая им урожайность многолетних трав**

Межукосный период	Основной элемент-загрязнитель	$Z_{опт}$	Y_{max}, т/га	$Z_{кр}$	$Y_{кр}$, т/га
Первый	Кадмий	–	–	10	5,8
	Свинец	–	–	12	4,2
	Медь	5,0	5,7	15	4,6
	Цинк	8,0	5,4	26	3,5
Второй	Кадмий	–	–	10	3,9
	Свинец	–	–	12	3,4
	Медь	5,0	4,8	15	4,3
	Цинк	8,0	4,4	26	2,1
Третий	Кадмий	–	–	10	2,6
	Свинец	–	–	12	2,7
	Медь	5,0	3,6	15	3,3
	Цинк	8,0	3,4	26	2,1

Вопрос 3

Наиболее кардинальный способ ликвидации последствий загрязнения – удаление металлов из корнеобитаемого слоя почвы. При этом возможны две основных технологии: механическое удаление загрязненного слоя почвы и перемещение загрязненного слоя в почвенные горизонты, подстилающие корнеобитаемый слой. Последний прием применяется наиболее часто и осуществляется путем глубокой вспашки плантажными плугами.

Наряду с этими приемами рекомендуется проводить комплекс мероприятий по ограничению подвижности экотоксикантов. Об этом уже шла речь выше. Поливы выращиваемых культур должны проводиться нормами, установленными для критического уровня загрязнения.

Рассмотренный технологический регламент функционирования агроландшафта при различных уровнях загрязнения почвы соединениями тяжелых металлов показывает, что рекультивация техногенно загрязненных земель является достаточно трудоемкой и требует значительных материальных затрат. Объем этих затрат пропорционален уровню загрязнения почвы. Наиболее трудоемким является восстановление нарушенного плодородия при критическом уровне загрязнения. Однако такие земли, как правило, расположены локально в непосредственной близости от источников загрязнения и пока занимают незначительные площади. Поэтому на современном этапе основное направление рекультивации земель должно осуществляться по профилактическому принципу. В связи с этим в системе профилактических мероприятий должное место должно быть отведено органическим удобрениям.

В Республике Беларусь основными загрязняющими токсикантами являются свинец, кадмий, а из биофильных – цинк и медь. С учетом этого в табл. 8.3 приведены мероприятия, которые рекомендуется проводить на землях, загрязненных этими токсикантами. Мероприятия сгруппированы в зависимости от уровня функционирования агроландшафта на нормальном, допустимом и критическом уровнях.

При этом рекомендуемые мероприятия на нормальном уровне носят профилактический характер, что является приоритетным направлением рекультивации.

Таблица 3. **Мероприятия по рекультивации земель, подверженных техногенному загрязнению тяжелыми металлами**

Уровни функционирования агроландшафта		
Нормальный	Допустимый	Критический
1	2	3
Содержание экотоксикантов в почве на уровне фона, а в растительной продукции не превышает ПДК	Содержание экотоксикантов в почве превышает фоновые значения, а в растительной продукции приблизилось к ПДК	Содержание экотоксикантов в почве значительно превышает фоновые значения, а в растительной продукции превышает ПДК
Хозяйственное использование земель		
Использование территории в системе адаптированных севооборотов	Использование для выращивания толерантных сортов и культур, технических культур, зерновых на семена и фураж. Возделывание многолетних трав	Выращивание технических культур, культур-фитомелиорантов с последующей утилизацией. Создание питомников для выращивания декоративных древесно-кустарниковых насаждений
Преимущественное загрязнение медью		
Снижение уровня воздействия источников загрязнения. Научно обоснованная система удобрений, направленная на повышение плодородия почв и урожайности культур. Регулирование водного режима почв. Нормы орошения, установленные для нормального уровня функционирования	Известкование почвы с доведением pH_{KCl} до 6,25. Внесение навоза или компостов на его основе в дозе 50 т/га. Внесение соломы на фоне орошения стоками в дозе 5 т/га. Нормы орошения, установленные для допустимого уровня функционирования	Глубокая запашка верхнего горизонта почвы. Известкование почвы с доведением pH_{KCl} до 6,5. Внесение навоза или компостов на его основе в дозе 100 т/га. Внесение соломы на фоне орошения стоками в дозе 8–10 т/га. Нормы орошения, установленные для критического уровня функционирования

Преимущественное загрязнение цинком		
Снижение уровня воздействия источников загрязнения. Научно обоснованная система удобрений, направленная на повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Регулирование водного режима почв. Нормы орошения, установленные для нормального уровня функционирования	Известкование почвы с доведением pH_{KCl} до 6,25. Внесение навоза или компостов на его основе в дозе 50 т/га. Внесение соломы на фоне орошения стоками в дозе 5 т/га. Нормы орошения, установленные для допустимого уровня функционирования	Глубокая запашка верхнего горизонта почвы. Известкование почвы с доведением pH_{KCl} до 6,36. Внесение навоза или компостов на его основе в дозе 100 т/га. Внесение соломы на фоне орошения стоками в дозе 8 т/га. Нормы орошения, установленные для критического уровня функционирования
Преимущественное загрязнение кадмием		
Снижение уровня воздействия источников загрязнения. Научно обоснованная система удобрений, направленная на повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Регулирование водного режима почв. Коэффициент удобрительного потенциала поливной воды – без ограничений. Нормы орошения, установленные для нормального уровня функционирования	Известкование почвы с доведением pH_{KCl} до 6,25. Внесение навоза или компостов на его основе в дозе 50 т/га. Внесение соломы на фоне орошения стоками в дозе 6–8 т/га. Коэффициент удобрительного потенциала поливной воды – высокий ($К_у$ > 20 %). Нормы орошения, установленные для допустимого уровня функционирования. Внесение солей цинка	Глубокая запашка верхнего горизонта почвы. Известкование почвы с доведением pH_{KCl} до 6,5. Внесение навоза или компостов на его основе в дозе 100 т/га. Внесение соломы на фоне орошения стоками в дозе 10 т/га. Коэффициент удобрительного потенциала поливной воды – высокий ($К_у$ > 20 %). Нормы орошения, установленные для критического уровня функционирования. Внесение солей цинка
Преимущественное загрязнение свинцом		
Снижение уровня воздействия источников загрязнения. Научно обоснованная система удобрений, направленная на повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Регулирование водного режима почв. Нормы орошения, установленные для нормального уровня функционирования	Известкование почвы с доведением pH_{KCl} до 6,25. Внесение навоза или компостов на его основе в дозе 50 т/га. Внесение соломы на фоне орошения стоками в дозе 6 т/га. Внесение сапропеля карбонатного в дозе 50 т/га. Нормы орошения, установленные для допустимого уровня функционирования	Глубокая запашка верхнего горизонта почвы. Известкование почвы с доведением pH_{KCl} до 6,5. Внесение навоза или компостов на его основе в дозе 100 т/га. Внесение соломы на фоне орошения стоками в дозе 8 т/га. Внесение сапропеля карбонатного в дозе 100 т/га. Нормы орошения, установленные для критического уровня функционирования

Лекция №15

ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

1. Современное состояние и виды деградации земель.
2. Основные направления охраны и рационального использования земель.
3. Роль мелиорации в системе природопользования.
4. Охрана земель

Вопрос 1

Для земельного фонда Республики Беларусь характерна высокая степень его хозяйственной освоенности. Общая площадь земель страны составляет 20759,8 тыс. га, из них сельскохозяйственные земли – 8944,7 (43,1 %), в том числе пахотные – 5516,4 (26,6 %), лесные земли и земли под древесно-кустарниковой растительностью – 9065,0 (43,7 %), земли под болотами – 894,1 (4,3 %), водными объектами – 469,8 (2,3 %), под транспортными коммуникациями, земли общего пользования и под застройкой – 841,3 (4,0 %), нарушенные, неиспользуемые и иные земли – 544,9 тыс. га (2,6 %).

Долгие годы приоритетным направлением государственной земельной политики являлось расширение площади сельскохозяйственных земель. В результате этого по площади этих земель на 1 жителя страны (0,92 га), в том числе пахотных (0,56 га), Республика Беларусь значительно превышает аналогичные показатели многих развитых стран Европы. Отличительной особенностью нашей страны является высокая доля осушенных земель в структуре сельскохозяйственных земель – 2,9 млн. га, или 32,4 %, из которых почти 1,1 млн. га – это осушенные торфяники.

Термин «деградация земель» означает снижение или потерю биологической и экономической продуктивности богарных и мелиорированных пахотных земель или пастбищ, лесов и лесных участков в результате землепользования. Она является результатом действия процессов, связанных не только с естественно-историческими условиями территории, но и с деятельностью человека (ветровая и водная эрозия; ухудшение физических, химических и биологических или экономических свойств земель; долгосрочная потеря естественной растительности).

Деградация земель является одной из наиболее актуальных экологических проблем, сдерживающих устойчивое развитие регионов. Проявление деградации земель в различных ее формах связано с особенностями функционального использования земельного фонда, несоблюдением норм и правил рационального использования и охраны земельных ресурсов.

Проявление процессов деградации земель на территории Беларуси во многом связано с наличием экологически неустойчивых земель, значительная часть которых используется для сельскохозяйственных целей (около 44 %), а также занята населенными пунктами, промышленными и другими хозяйственными объектами. Для земельного фонда Беларуси характерна высокая степень его хозяйственной освоенности. Данная ситуация сложилась в результате долголетней государственной земельной политики, целью которой являлось расширение площади сельскохозяйственных земель. Этот приоритет был обоснованием для широкомасштабного, в том числе мелиоративного, освоения и вовлечения в сельскохозяйственный оборот все новых и новых земель. Здесь уместно отметить, что нередко освоение этих земель не было достаточно обосновано ни с экономической, ни с экологической точек зрения. Это привело к расширению масштабов деградации земель.

В связи с наметившимися в последние десятилетия климатическими изменениями, увеличением частоты и продолжительности засух, заморозков, ураганов, выпадением чрезмерных ливневых осадков и др. можно предположить усиления процессов деградации земель.

Применительно к природно-территориальным условиям и особенностям хозяйственного использования территории Беларуси деградация земель проявляется более чем в 20 видах и формах, основными из которых являются:

– водная, ветровая, агротехническая эрозия почв;
– химическое, в том числе радиоактивное, загрязнение земель;
– деградация и ухудшение свойств почв, особенно торфяных, в результате сельскохозяйственного использования;
– деградация земель в результате добычи торфа, строительных материалов, осуществления дорожного и других видов строительства, а также их затопления и подтопления;
– деградация торфяных почв на осушенных болотных массивах в результате торфяных пожаров;
– деградация земель лесного фонда в результате нерационального лесопользования и лесных пожаров;
– деградация земель при чрезмерных рекреационных, технических и других антропогенных нагрузках на земли.

По данным Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси общая площадь сельскохозяйственных земель с эродированными почвами составляет 556,5 тыс. га, из них 479,5 тыс. га – пашня. Наиболее интенсивно процессы водной эрозии

почв протекают на склонах в 3 и более градусов, которые на пашне составляют 34,6 %. В Беларуси преобладают почвы с потенциальным смывом до 20 т/га в год. Дефляционные почвы, к которым отнесены песчаные и рыхлопесчаные, а также осушенные торфяные почвы, характерны для 30 % пашни. Всего земли с потенциально возможным смывом составляют 1,44 млн. га, а земли с потенциально возможной дефляцией – около 1,0 млн. га.

Проявление эрозионных процессов в стране имеет региональные особенности. В северной и центральной почвенно-географических провинциях, где более выражен холмистый рельеф и преобладают почвы связного гранулометрического состава, наиболее активно протекают водно-эрозионные процессы. В южной (Полесской) провинции, где осуществлена осушительная мелиорация и преобладают почвы легкого гранулометрического состава, а также осушенные торфяные почвы, заметное развитие получили процессы ветровой эрозии.

Водная и ветровая эрозия почв наносят существенный экономический и экологический ущерб. Потери урожая основных сельскохозяйственных культур на эродированных землях составляют в зависимости от степени эродированности для зерновых культур 12–40 %, льна – 15–40, многолетних трав – 5–30, пропашных – 20–60 %. Продукты эрозии почв приводят к загрязнению водных объектов, ухудшению качества поверхностных и грунтовых вод, негативно влияют на биологическое разнообразие водных и околоводных экосистем. Кроме того, эрозионные процессы увеличивают пестроту почвенного покрова.

В результате проведения преимущественно в 60–80-е гг. прошлого столетия гидротехнической мелиорации было осушено 3,41 млн. га, из которых 2,9 млн. га – с использованием в качестве сельскохозяйственных земель. Особенно активно мелиоративное преобразование осуществлялось в Белорусском Полесье, где осушенные сельскохозяйственные земли занимают 1,6 млн. га, или 26,2 %, территории (в остальной части страны – 8,9 %). Это привело к коренному изменению естественного водного режима территории республики, в наибольшей степени затронувшему сельскохозяйственные земли.

В настоящее время в стране используется 1068,2 тыс. га сельскохозяйственных земель с торфяными и 1201,2 тыс. га – с супесчаными и песчаными почвами. Все они являются наиболее уязвимыми к процессам деградации и экстремальным природным явлениям, отличаются неустойчивостью применяемых на них систем земледелия.

Наибольшую угрозу представляет деградация торфяных почв в результате их осушения и последующего сельскохозяйственного использования. Основными последствиями этого процесса являются усадка и уплотнение, минерализация органического вещества, ветровая эрозия. Их проявление и скорость зависят от интенсивности осушения, продолжительности использования, структуры возделываемых культур, систем обработки почвы и удобрений, а также от ботанического состава и степени разложения торфа. Наиболее быстро эти изменения происходят в маломощных торфяных почвах (мощность торфа 50–100 см) и, особенно, в торфяно- и торфянисто-глеевых (мощность торфа соответственно 30–50 см и менее 30 см). На площади 190,2 тыс. га (17,8 % от всех осушенных) торфяные почвы утратили природные генетические признаки и трансформировались в новые почвенные образования с содержанием органического вещества менее 50 %, в которых слой торфа разрушен полностью.

Поскольку большая часть осушенных болот сконцентрирована в Полесье, где торфяной слой подстилается мощными песками, то появляется реальная угроза появления обширных пространств, где эти пески выйдут на дневную поверхность.

В условиях Беларуси установлена тесная взаимосвязь увлажненности почв с содержанием и запасами в них органического вещества. Поскольку запасы органического вещества во многом определяют плодородие и продуктивность почв, они могут интерпретироваться как хранители плодородия. В практическом плане должна решаться задача сохранения влаги для сбережения органического вещества (гумуса, торфа).

В период 1970–2000 гг. на сельскохозяйственных, прежде всего пахотных, землях поддерживался положительный баланс гумуса. В результате среднее содержание гумуса в пахот-

ных почвах Беларуси выросло с 1,77 до 2,28 % или почти на четверть. По материалам агрохимического обследования в 2000 г. наибольшим содержанием гумуса характеризовались почвы пахотных земель Брестской (2,53 %), Гомельской (2,37 %) и Минской (2,41 %) областей.

Однако начиная с 2000 г. содержание гумуса в пахотных почвах снижается. Так, к 2005 г. этот важнейший показатель плодородия почв в целом по Беларуси снизился на 0,03 % (до 2,25 %). Казалось бы, незначительное изменение означает утрату для страны 97,2 тыс. т гумуса, для компенсации которой необходимо внести около 2,5 млн. т органических удобрений. Уменьшение запасов гумуса в почве наблюдается в каждой второй сельскохозяйственной организации и в 69 районах. Наиболее значительно снизилось среднее содержание гумуса в Брестской (на 0,13 %) и Гомельской (на 0,07 %) областях. Если учесть, что в этих областях наибольший удельный вес легких (песчаных и рыхлосупесчаных), а также осушенных почв, уменьшение содержания и запасов органического вещества на фоне процессов изменения климата может привести к падению плодородия почв и к их деградации. Особенно опасной является дегумификация на землях, загрязненных радионуклидами, а также подверженных водной и ветровой эрозии.

Осуществление широкомасштабной мелиорации привело к резкому изменению соотношения осушенных болот и болот, находящихся в естественном состоянии. В настоящее время из общей площади болот Беларуси – 2,9 млн. га осушенные болота составляют 1,5 млн. га, из которых 1,1 млн. га, или 73 %, используются в сельском хозяйстве. Выработанные торфяные месторождения занимают 255,6 тыс. га. В естественном состоянии сохранилось около 1,4 млн. га болот. Их сохранение и восстановление нарушенных болот является одним из приоритетных направлений борьбы с деградацией земель в стране, способствующих достижению целей устойчивого землепользования, смягчению последствий климатических изменений и сохранению биоразнообразия экосистем.

Можно однозначно прогнозировать усиление процессов деградации земель в связи с отмеченным в последнее десятилетие потеплением климата и связанным с ним увеличением числа засушливых явлений. Все это отрицательно влияет на растительный покров, увеличиваются риски ведения сельского, лесного, водного и другого хозяйства.

В последнее десятилетие на фоне более частых и длительных по времени засушливых явлений заметным фактором деградации торфяных почв становятся торфяные пожары.

Пожары также являются заметным фактором деградации лесных земель. В последнее время эта проблема обострилась в результате более частых и длительных засушливых периодов, а также увеличения рекреационного использования лесов и пренебрежения противопожарной безопасностью населением. Площадь земель лесного фонда, подвергающаяся пожарам, в отдельные годы достигает 20 тыс. га, а количество лесных пожаров – 4,5 тыс.

К деградированным землям следует относить и неэффективно осушенные лесные земли. К ним относятся земли в пределах старых мелиоративных систем, мелкоконтурные осушенные участки, верховые болота, земли, занятые черноольховыми насаждениями на минеральных гидроморфных и слабооторфованных почвах, а также осушенные земли в границах особо охраняемых природных территорий. Не получен ожидаемый эффект от проведенной лесной мелиорации на площади 17 тыс. га.

В результате прокладки в лесах или в непосредственной близости от них различных коммуникаций (дорог, газо- и нефтепроводов и др.) наблюдается подтопление лесных земель. В последние годы в связи с резким ростом численности бобров и устройства этими животными плотин и запруд все чаще возникают подтопления из-за нарушения функционирования водопроводящей сети. Кроме того, в лесном фонде даже на относительно повышенных территориях имеются замкнутые небольшие котловины, которые во влажные годы заполняются дождевыми водами на довольно продолжительный период, что приводит к полной гибели насаждений и деградации почвенного покрова.
В 2008 г. от излишней влажности и подтоплений погибло 184 га лесных насаждений.

Вопрос 2

Земля и ее важнейший компонент – почвы являются основным национальным природным богатством, от эффективности использования и охраны которого во многом зависит социально-экономическое благополучие и экологическая ситуация в стране.

Специфическая черта земли как природного ресурса – ее многофункциональность. Земля является всеобщим и незаменимым материальным условием производства и служит пространственным базисом для размещения отраслей хозяйственного комплекса, поселений, инфраструктуры. Она является главным средством производства в сельском и лесном хозяйстве, объектом земельных отношений, выступает составной и неотъемлемой частью природных систем, где выполняет средоформирующие и природоохранные функции в биосфере. Слагающие ее почвы обладают уникальным свойством плодородия – способностью производить биомассу. Поэтому сохранение земель и их рациональное использование является приоритетным направлением природоохранной политики.

Результаты проведенной кадастровой оценки земель сельскохозяйственных организаций выявили существенное различие качества сельскохозяйственных земель. Расчеты по выявлению фактора качества земель по экономическим показателям показали, что в Гродненской области по отношению к Витебской только за счет качества земель (при прочих равных условиях) можно получить в земледелии до 40 % прибыли. Еще более контрастен этот показатель на межрайонном (112 %) и межхозяйственном (160 %) уровнях.

Это указывает на необходимость совершенствования специализации сельскохозяйственного производства, начиная со специализации на региональном уровне и заканчивая определением наиболее приемлемого целевого назначения и характера использования каждого конкретного отдельно обрабатываемого участка. При этом пахотные земли, которые по данным кадастровой оценки не могут обеспечить рентабельное сельскохозяйственное производство даже при нормативной урожайности и нормативных затратах (а их более 10 %), безусловно, должны быть выведены их сельскохозяйственного оборота в первоочередном порядке.

В условиях объективного и все более интенсивного протекания процесса трансформации земель, изменения их функционального назначения возрастает упреждающая и регулирующая роль планирования землепользования (территориального планирования). В его задачу входит эколого-экономическое обоснование такого пространственного размещения земель различного функционального (целевого) назначения, при котором они максимально соответствовали бы естественной пригодности почвенного покрова, обеспечивали экологическую устойчивость ландшафтов, а также учитывали социально-экономические запросы и экологическую безопасность общества.

В настоящее время в Республике Беларусь создана комплексная система планирования использования и охраны земельных ресурсов, что нашло отражение в Национальной стратегии охраны и рационального использования земельных ресурсов.

Целью стратегии является повышение эффективности использования и охраны земельных ресурсов Республики Беларусь, обеспечивающее устойчивое землепользование и способствующее сбалансированному социально-экономическому и экологическому развитию страны.

Для достижения цели потребуется активизировать деятельность по следующим направлениям.

Во-первых, необходимо совершенствовать нормативные правовые и научно-методические основы охраны и использования земель. При этом первоочередного решения требуют вопросы:

- определение порядка и правил планирования мероприятий по охране различных видов и категорий земель;
- совершенствование экономического механизма регулирования землепользования (обеспечение принципа платности землепользования, повышение регулирующей

роли земельного налога и арендой платы, стимулирование эффективного и экологически безопасного землепользования, целевое использование платежей за землю на ее охрану и улучшение, развитие системы компенсационных выплат и др.);

– упрощение порядка предоставления земельных участков потенциальным инвесторам и перехода прав на землю к землепользователям, способным обеспечить охрану и эффективное использование земель;
– введение для местных исполнительных и распорядительных органов принципа обязательности осуществления планирования землепользования, обеспечивающего охрану и эффективное использование земель в границах административных и административно-территориальных единиц;
– повышение роли государственного контроля за охраной и использованием земель, в соблюдении всеми землепользователями и землевладельцами требований и ограничений, определенных законодательством и утвержденных в установленном порядке землеустроительной, лесоустроительной и градостроительной документацией;
– повышение роли и ответственности местных органов власти и управления, конкретных землепользователей за проведение мероприятий по охране и улучшению земель и выполнение экологических требований и ограничений землепользования, привлечение общественности к осуществлению этих мероприятий;
– совершенствование научно-методического обеспечения мероприятий, направленных на решение проблем охраны и использования земель.

Во-вторых, необходимо разработать и реализовать методы, технологии и решения, обеспечивающие внедрение принципов и задач устойчивого землепользования, что предусматривает:

– разработку или внесение изменений и дополнений в нормативную техническую и методическую землеустроительную, лесоустроительную, градостроительную и иную документацию, определяющую организацию и использование территории на перспективу, в частности, мероприятий по охране и использованию земель;
– разработку методов и технологий проектирования и осуществления мероприятий по охране и улучшению земель, в частности, связанных с использование дистанционных методов и средств геоинформационных технологий, внесение изменений и дополнений в соответствующую инструктивно-технологическую документацию;
– осуществление постоянной корректировки материалов кадастровой оценки земель с целью создания равных условий хозяйствования для землепользователей, работающих в различных природно-экономических зонах;
– разработку научно-методических рекомендаций и адаптационных мер, направленных на смягчение последствий климатических изменений для земель страны и их продуктивности, а также на сохранение биологического и ландшафтного разнообразия;
– научное обоснование предложений и перечня мероприятий по выполнению Республикой Беларусь Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (деградацией) земель.

В-третьих, требуется осуществить организационно-территориальные мероприятия, направленные на охрану и эффективное использование земель в различных секторах экономики, включающие:

– разработку региональных схем использования и охраны земель, в том числе для проблемных регионов, схем землеустройства районов, проектов внутрихозяйственного землеустройства, охраны и улучшения земель, а также проектов лесоустройства, гидротехнической мелиорации, территориальной организации особо охраняемых природных территорий и сельских населенных пунктов, генеральных планов городов, градостроительных проектов детального планирования и др., в которых будут

комплексно обоснованы эколого-экономическая целесообразность, виды, объемы улучшения и охраны земель;

– обоснование и развитие сети особо охраняемых природных территорий, площадь которых к 2015 г. должна составить не менее 8,3 % общей площади Республики Беларусь, проектирование экологических сетей на региональном и локальном уровнях, увеличение площади средостабилизирующих видов земель;
– формирование полного перечня возможных требований и ограничений на хозяйственное использование земель и доведение их до землепользователей путем регистрации в государственном земельном кадастре и отражения в документах, удостоверяющих права на землю;
– интеграцию принципов и методов сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, восстановления экосистем в практику территориального планирования, создание территориальных моделей устойчивого землепользования;
– продолжение работ по оптимизации землепользования на основе обновленной земельно-кадастровой информации с целью перепрофилирования или исключения из сельскохозяйственного оборота малопродуктивных земель, а также решения задач предотвращения деградации земель и сохранения их экологических функций в ландшафтах.

В-четвертых, необходимо развивать информационное обеспечение задач устойчивого землепользования, охраны и использования земель, которое должно базироваться на результатах:

– проведения аэро- и космогеодезических работ, инвентаризации земель, почвенных и геоботанических обследований;
– создания (актуализация) земельно-информационных систем административных районов как информационной и картографической основы для планирования и проектирования мероприятий по охране и использованию земель;
– совершенствования государственного земельного кадастра, внедрения системы учета и оценки деградированных земель;
– ведения мониторинга земель с использованием современных аналитических методов, методов дистанционного зондирования и геоинформационных технологий;
– обобщения результатов крупномасштабного почвенного картографирования, районирования и типологии земель по пригодности для различных видов хозяйственной деятельности и экологической уязвимости;
– инвентаризации и оценки современного состояния мелиорированных земель, в том числе осушенных торфяных почв, с целью определения их использования в перспективе.

В-пятых, направлениями восстановления и повышения уровня плодородия земель будут предусмотрены мероприятия:

– по повышению содержания органического вещества (гумуса) в пахотных почвах до 2,5–3,0 %. Для этого необходимо увеличение ежегодного внесения органических удобрений в среднем до 9,4 т на 1 га;
– достижению в валообразующих районах и хозяйствах минимального уровня вносимых удобрений в дозе т250–300 кг д. в. на 1 га пашни; важным направлением химизации земледелия и, в частности, кормопроизводства будет являться выравнивание доз минеральных удобрений, вносимых на интенсивно используемых пахотных и луговых землях;
– сохранению достигнутого уровня известкования кислых почв, на что потребуется 2,7–2,8 млн. т известковых материалов с целью ежегодного известкования 520–530 тыс. га сельскохозяйственных земель;

– повышению продуктивности мелиорированных земель до уровня 5,5–6,0 т/га кормовых единиц, что потребует выполнения, наряду с комплексом работ по оптимизации водно-воздушного режима, упорядочения внесения органических и минеральных удобрений, а также необходимых микроэлементов; также должна быть решена задача уменьшения непроизводительных потерь органического вещества торфяных почв на 30–40 %;
– достижению оптимальной структуры сельскохозяйственных земель и посевных площадей; восстановлению и поддержанию ресурсосберегающих почвозащитных севооборотов; внедрению современных технологий обработки почв, способствующих улучшению их состояния;
– созданию системы разновременно-созревающих сенокосно-пастбищных, преимущественно бобово-злаковых травостоев комбинированного использования, обеспечивающих получение высококачественных травяных кормов с содержанием обменной энергии не менее 10,0–10,5 МДж в 1 кг сухого вещества;
– обеспечению устойчивой продуктивности сельскохозяйственных земель на уровне 6,5–7,5 т/га кормовых единиц, окупаемости 1 кг действующего вещества удобрений 10–12 кормовыми единицами при сохранении экологической устойчивости агроландшафтов;
– обобщению опыта и внедрению систем органического земледелия на 2,0 % площади сельскохозяйственных земель страны.

В-шестых, с целью повышения уровня знаний, образования и воспитания в области охраны и эффективного использования земельных ресурсов предлагается следующее:

– осуществить переподготовку (повышение квалификации) руководителей и специалистов организаций Госкомимущества, Минприроды, Минлесхоза, Минстройархитектуры, Минсельхозпрода и других республиканских органов государственного управления, местных органов власти, землепользователей;
– предпринять усилия по улучшению подготовки специалистов-почвоведов по проблемам, связанным с деградацией земель;
– разработать учебные программы, спецкурсы или отдельные учебные модули по проблеме «Устойчивое использование и охрана земельных ресурсов» для студентов вузов и средних специальных заведений биологического, географического, экологического, сельскохозяйственного и экономического профилей;
– шире пропагандировать вопросы охраны и использования земель, их роли в жизнедеятельности людей и значения при глобальных и региональных экологических изменениях в СМИ, а также путем издания специальных брошюр, мультимедийных фильмов на электронных носителях, создания специальных рубрик на тему «Сохраним землю» в специальных журналах и помещения информации о земельных ресурсах на веб-сайтах соответствующих органов государственного управления;
– подготовить сценарий и снять для широкой общественности фильм о сохранении земельных ресурсов Беларуси.

В-седьмых, для установления более тесного и результативного международного сотрудничества по проблеме охраны и использования земель предлагается:

– разработать инновационный план наиболее перспективных проектов в области устойчивого землепользования с целью привлечения международной технической помощи и иностранных инвестиций для практического решения этой проблемы;
– наладить международное региональное сотрудничество со странами СНГ, Центральной и Восточной Европы, в том числе в рамках программы «Восточное партнерство», направленное на реализацию совместных межгосударственных программ и проектов по вопросам охраны и рационального использования земельных ресурсов;

– осуществлять обмен знаниями и опытом устойчивого землепользования с зарубежными странами с внедрением их в практику;
– обобщить опыт, подходы и возможные направления охраны и использования земель (почв), изложенные в Тематической стратегии, Директиве защиты почв, Зеленом документе по адаптации к изменению климата Европы, разработанных Европейским союзом, и интегрировать их основные положения в разрабатываемые нормативные правовые и методические документы, а также в практику землепользования страны.

Национальная стратегия рассчитана на осуществление Республикой Беларусь мероприятий по охране и рациональному использованию земель на долговременную перспективу до 2025 г. К числу первоочередных мер, направленных на решение этой проблемы, относится борьба с деградацией земель, которая является серьезной экологической угрозой и сдерживающим фактором социально-экономического развития.

Вопрос 3

Воздействие человека на природу – необходимое условие его существования. Только в результате такого воздействия возможно обеспечение людей жизненными благами и непрерывное воспроизводство человеческого общества.

Воздействие человека сказывается, по существу, на всех ресурсах и компонентах природной среды (почвенном покрове, гидросфере, атмосфере, животном и растительном мире, литосфере). Даже труднодоступные районы земного шара – Арктика, Антарктида, высокогорья, глубины океанов, околоземное пространство – оказались в той или иной мере вовлеченными в хозяйственный оборот деятельности людей. Воздействие человека на окружающую среду становится соизмеримым с воздействием геологических сил и неизбежно влечет за собой изменения в экологических системах, ландшафтах, природных комплексах.

По подсчетам ученых различных стран выявлено следующее:

– человечество сейчас активно эксплуатирует около 55 % суши и 12 % речной воды, половину ежегодного прироста леса;

– в результате строительства и горных работ ежегодно перемещается более 4 тыс. км^3 породы;

– каждый год извлекается из недр более 100 млрд. т руды и сжигается 7 млрд. т условного топлива;

– потребление кислорода за последние 100 лет составило 240 млрд. т, за это же время в атмосферу выброшено 360 млрд. т углекислого газа, что значительно увеличило его содержание в атмосфере;

– около 300 млн. автомобилей ежегодно выбрасывают в воздух свыше 200 млн. т окиси углерода и около 50 млн. т различных углеводородов;

– гидромелиоративные мероприятия, особенно сплошное осушение болот и спрямление русел малых рек, отрицательно сказываются на численности и видовом составе животных, населяющих мелиорированные угодья.

Внесение коррективов в гидромелиоративные работы (оставление определенного процента переувлажненных земель, сохранение ключевых мест обитания рыбы и дичи, создание экологических ниш и коридоров, комплексное регулирование гидрорежима и др.) смягчает их негативные последствия, способствует сохранению биоразнообразия.

При разработке схем рационального использования природных ресурсов, включая гидромелиорацию, при проведении их технико-экономических обоснований и выполнении сопутствующих расчетов должен намечаться комплекс организационных и технических мероприятий по охране природы с описанием назначения и указанием основных параметров природозащитных сооружений.

Мелиоративные мероприятия наибольшее влияние оказывают на почву (землю), воду, естественную растительность и животный мир, рыбные запасы, воздушную среду, ландшафты и памятники природы.

Процесс этот не был особенно заметным, когда мелиорированные земли занимали небольшую часть площадей водосборов рек.

Однако широкомасштабные мелиорации поставили в число самых актуальных вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов от истощения, деградации, загрязнения.

Например, преобразуя сложившийся веками природный комплекс, осушение, так или иначе стало влиять на водный режим прилегающих территорий, водоснабжение населенных пунктов, растительный и животный мир, сток рек и т. д., затрагивая, таким образом, интересы многих отраслей народного хозяйства. Положительные стороны осушительных мероприятий широко известны.

Однако при осушении больших болотных массивов и использовании их под пропашные культуры при сильном ветре могут возникать пыльные черные бури. Органическое вещество торфа выносится на лесные массивы, озера и бесследно исчезает.

В связи с этим следует использовать торфяники, прежде всего, под травы, применять высокую агротехнику возделывания других культур, проводить лесомелиоративные мероприятия по борьбе с эрозией почв, поддерживать оптимальный водный режим.

При осуществлении любого проекта мелиорации земель необходимо руководствоваться следующими положениями:

– выполнять прогноз всех возможных последствий изменения в природной обстановке;

– обязательно планировать конкретные природоохранные мероприятия, исключающие отрицательное воздействие на окружающую среду.

Особое внимание должно уделяется водоохранным мероприятиям в поймах малых рек, которые наиболее чувствительны к хозяйственной деятельности человека. В верховьях таких рек ограничивается, а в отдельных случаях запрещается всякая хозяйственная деятельность (мелиоративное строительство, торфоразработки, рубки леса, уничтожение кустарника).

Запрещается осушать верховые болота для последующего использования в качестве лесных и сельскохозяйственных угодий.

Регулирование русел малых рек без специальных согласований и обоснований существенно ограничивается, когда ширина поймы не превышает 300 м на территориях и в охранных зонах государственных заповедников и заказников.

Регулирования малых рек избегают вблизи населенных пунктов и на участках, используемых для отдыха населения.

По этой причине при проектировании мелиоративных систем в обязательном порядке должны быть рассмотрены варианты возможного использования в качестве водоприемника малых рек в естественном состоянии.

Санитарный бытовой расход в реках с незарегулированным стоком после забора воды всеми потребителями должен быть не менее 75 % минимального среднемесячного расхода 95%-ной обеспеченности.

Если прибегают к регулированию рек-водоприемников, то руководствуются следующими обстоятельствами:

– прямые длинные участки нового русла не проектируют;

– трассу водоприемника предусматривают с использованием естественных отрезков русла;

– при создании нового водоприемника сохраняют отдельные омуты, нерестилища и зимовальные ямы для рыб, места для отдыха и купания;

– при проектировании осушения земель следует избегать использования озер в качестве водоприемников осушительных систем;

– водосбросные каналы трассируют в обход озер, предусматривая при этом меры, исключающие понижение уровней воды в таких водоемах.

Установлено, что создание осушительных систем сопровождается их влиянием на прилегающие территории.

Нередко имеет место снижение уровней воды в колодцах населенных пунктов, прилегающих к объекту осушения.

Изменение водного режима изменяет естественные границы ареалов растений, сокращая места их обитания, а также снижает продуктивность ягодников и некоторых категорий лесов, создает благоприятные условия для развития ветровой эрозии.

Главными нежелательными последствиями при осушении земель являются:

– загрязнение вод как внутри мелиорируемого массива, так и за его пределами вследствие поступления загрязненной воды в водоприемники из магистральной сети;

– влияние изменения водного режима почв на изменение их водно-физических, агрохимических и других свойств;

– изменения условий обитания животного мира.

Расчет ширины зоны влияния осушительной системы на уровень грунтовых вод прилегающих территорий можно выполнить по формуле К. Г. Асатура

$$L = (6{,}28 \cdot К \cdot h \cdot t / \mu)^{0,5}, \quad (1)$$

где L – ширина зоны влияния, м;

К – коэффициент фильтрации водоносного слоя, м/сут;

h – средняя мощность водоносного слоя, м;

t – время с начала осушения, сут;

μ – коэффициент водоотдачи грунта водоносного слоя, доли единицы.

Оперативное регулирование уровней грунтовых вод предупреждает чрезмерное снижение их вне осушаемого объекта. Более того, поддержание уровня грунтовых вод в соответствии с требованиями растений на торфяных почвах снижает интенсивность их сработки и обеспечивает возможность оперативной борьбы с пожарами на торфяниках. Для предотвращения недопустимого понижения уровня грунтовых вод на прилегающих к осушаемому массиву территориях проектируют осушительно-увлажнительные системы.

Важным водоохранным мероприятием является создание *водооборотных осушительно-увлажнительных систем,* в которых аккумулируемый поверхностный и дренажный сток повторно используется для увлажнения мелиорируемых земель.

Повторное использование воды повышает эффективность использования минеральных удобрений и предотвращает загрязнение водных источников биогенными веществами, ядохимикатами и другими загрязнителями.

Вопрос 4

В республике произошло существенное перемещение сельскохозяйственного производства на осушенные земли, которые в ряде районов и областей играют ведущую роль в растениеводстве.

Большая часть осушенных земель (62,6 %) сконцентрирована в Брестской, Гомельской и Минской областях. Так, на одно хозяйство Брестской области в среднем приходится более полутора тысяч гектаров осушенных земель. В 15 районах Беларуси мелиорированные земли составляют более 50 % от площади сельскохозяйственных земель и обеспечивают производство основной части продукции растениеводства.

Мелиоративный комплекс Беларуси включают 170 тыс. км осушительных каналов и водоприемников, 136 тыс. гидротехнических сооружений, 964 тыс. км закрытых дренажных коллекторов и дрен, 20 тыс. км эксплуатационных дорог, 477 польдерных насосных станций, 3,98 тыс. км ограждающих дамб.

Поскольку почвы являются важным природным богатством, необходимо предусматривать меры по их охране.

При возведении линейно-протяженных сооружений (кроме дренажных траншей) в местах разработки резервов, оснований плотин и дамб проводят срезку растительного (гумусового) слоя с перемещением его во временные отвалы. После возведения сооружений гумусную почву разравнивают по площади строительства. После окончания строительных работ проводят мероприятия по первичному окультуриванию почв с целью восстановления их плодородия.

В связи с большим многообразием почвенного покрова мелиорированных территорий приходится постоянно совершенствовать технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Однако к настоящему времени их можно достаточно четко дифференцировать для трех основных групп почв – торфяных, связного гранулометрического состава, песчаных и рыхлосупесчаных.

Особое внимание при мелиорации земель необходимо уделять охране торфяно-болотных почв. Задача сводится к тому, чтобы на таких почвах можно было получать максимум растениеводческой продукции при минимальном количестве минерализуемого за год торфа.

Глубокое осушение торфяной залежи улучшает аэрацию и таким образом способствует активизации микробиологических процессов и более быстрому разложению торфа. При глубине грунтовых вод 150 см интенсивность разложения органического вещества достигает 15,9 т/га в год.

С уменьшением глубины грунтовых вод интенсивность разложения органического вещества существенно сокращается. При поддерживании грунтовых вод на глубине 70 см интенсивность разложения органического вещества сокращается в 7,2 раза и составляет 2,2 т/га. По этой причине в целях продления долговечности торфяно-болотных почв уровни грунтовых вод должны поддерживаться на минимальных отметках.

На интенсивность разложения органического вещества торфа влияет характер сельскохозяйственного использования.

Так, многолетние травы являются одним из эффективных биологических регуляторов интенсивности минерализации органического вещества. К тому же они надежно защищают торф от ветровой эрозии и пожаров.

Технологии использования торфяных почв должны отвечать требованиям экологической совместимости, обеспечивать максимальное использование высвобождаемого в результате разложения органического вещества минерального азота, не допуская непроизводительных его потерь.

При этом следует руководствоваться следующими принципами:

– чем меньше торфяных почв в общей площади сельхозугодий, тем относительно большая их доля отводится под луговые угодья, а меньшая под пашню;

– если торфяные почвы занимают менее 30 % площади сельхозугодий хозяйства, их необходимо отводить под культурные луга длительного пользования, независимо от остаточной мощности торфяного слоя;

– при условии, когда торфяные почвы составляют 30–50 % площади сельхозугодий, наряду с созданием культурных лугов часть их площади допустимо отводить под пахотные угодья;

– при удельном весе торфяных почв в землепользовании хозяйства от 50 до 100 % рекомендуется 30–50 % использовать под луговые угодья, 50–70 % – под пашню;

– торфяно- и торфяно-глеевые почвы, а также маломощные торфяные (до 1 м) рекомендуется отводить под бобово-злаковые и злаковые многолетние травы длительного пользования;

– торфяные почвы с глубокой и средней залежью (более 1 м) можно использовать как под культурные луга, так и в качестве пашни;

– все подтопляемые из-за неудовлетворительной работы мелиоративной сети площади торфяных почв следует исключить из пахотных угодий и отводить только под луга длительного пользования с залужением влаголюбивыми травами.

Под пашню отводятся хорошо окультуренные с отрегулированным водным режимом торфяные почвы. Эколого-экономически обоснованное использование торфяных почв в качестве пашни представляется обеспечить лишь в системе правильных почвозащитных зернотравяных севооборотов.

Таким образом, национальная стратегия использования торфяных почв, и прежде всего маломощных, в регионе Белорусского Полесья с целью продления их долговечности сводится к тому, чтобы в ближайшей перспективе полностью вывести из них зерновые и пропашные культуры, заменив их высокопродуктивными угодьями длительного пользования. Луговые угодья требуют меньшей нормы осушения и в большей мере, чем другие культуры, пополняют почву послеуборочными остатками; сдерживают интенсивность минерализации органического вещества; более устойчивы к заморозкам, часто повторяющимся на торфяниках; хорошо защищают почву от ветровой эрозии; обеспечивают высокую и наиболее стабильную по годам продуктивность. Необходимо отметить развитие на этих землях высокопродуктивного, экономически выгодного луговодства, считая его основой экологически безопасного земледелия.

Долговечность торфяно-болотных почв при осушении (лет) может быть определена по формуле

$$t = \frac{1n\left(1 - \frac{H - H_{min}}{A \cdot H_0}\right) + a(z + c)}{b(z + c)}, \qquad (2)$$

где H_o – начальная мощность слоя торфа, м;

H_{min} – минимальная мощность торфа, ниже которой он прекращает существовать как разновидность почвы, м;

A – коэффициент плотности торфа;

z – норма осушения, м;

c – среднее превышение УГВ над дном каналов и дрен, м;

a и b – коэффициенты скорости уплотнения (осадки) в первом и последующих годах осушения.

Важная роль в сохранении торфяников принадлежит организации специальных противопожарных и противоэрозионных мероприятий, которые необходимо предусматривать уже на стадии проектирования.

Одной из мер сохранения торфа является консервация мелкозалежных торфяников путем запашки специальными плугами с последующим созданием на их поверхности пахотного слоя из подстилающей минеральной породы.

В связи с широким использованием торфа на топливо в химической промышленности, а также для добычи торфокрошки постоянно возрастают площади выработанных торфяников.

На тех площадях, где проводится выработка торфяника, после ее завершения необходима рекультивация.

Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые почвы наиболее целесообразно использовать в системе полевых и кормовых севооборотов для производства зерна и кормов из наиболее ценных зерновых культур, льна, трав, картофеля, кормовых корнеплодов и др.

Мелиорированные песчаные и распаханные почвы целесообразно использовать в качестве пашни только при условии бездефицитного баланса органического вещества.

Осушенные пойменные земли, которые подтопляются, следует исключить из пахотных и использовать только под кормовые угодья длительного пользования. Их залужение следует проводить влаголюбивыми травами.

Особая роль в повышении продуктивности животноводства принадлежит культурным пастбищам.

Для создания культурных пастбищ наиболее пригодны участки природных или улучшенных ранее, но выродившихся кормовых угодий с достаточно влагообеспеченными суглинистыми или супесчаными почвами, а также осушенные низинные болота с хорошо разложившимся торфом. Под культурные пастбища целесообразно использовать также прилегающие к фермам участки пашни, компенсируя их площади за счет распашки и включения в пашню более удаленных от ферм массивов луговых угодий.

Все мероприятия по мелиоративному строительству, эксплуатации мелиоративных систем и сельскохозяйственному использованию мелиорированных земель должны обеспечивать экологически безопасное природопользование в пределах регионов, водосборов, отдельных хозяйств и мелиоративных объектов.